



**BÁRBARA JORDANA GONÇALVES**

**MONITORAÇÃO POR TERMOGRAFIA  
INFRAVERMELHA DA QUALIDADE PÓS-  
COLHEITA DE GOIABAS ARMAZENADAS SOB  
REFRIGERAÇÃO**

**LAVRAS – MG**

**2014**

**BÁRBARA JORDANA GONÇALVES**

**MONITORAÇÃO POR TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DA  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABAS ARMAZENADAS SOB  
REFRIGERAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Jaime Vilela de Resende

Coorientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

**LAVRAS - MG**

**2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Gonçalves, Bárbara Jordana.

Monitoração por termografia infravermelha da qualidade pós-colheita de goiabas armazenadas sob refrigeração / Bárbara Jordana Gonçalves. – Lavras : UFLA, 2014.

125 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Jaime Vilela de Resende.

Bibliografia.

1. *Psidium guajava* L. 2. Injúria. 3. Refrigeração. 4. Termograma IR. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.804421

**BÁRBARA JORDANA GONÇALVES**

**MONITORAÇÃO POR TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DA  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABAS ARMAZENADAS SOB  
REFRIGERAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2014.

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

UFLA

Dr. Rogério Amaro Gonçalves

IFMG

Dr. Jaime Vilela de Resende

Orientador

**LAVRAS - MG**

**2014**

*Aos meus pais, Antonio e Sandra, e a minha irmã, Caroline, pelo incentivo,  
confiança e amor de sempre.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus caminhos e permitir esta conquista.

Aos meus pais e minha irmã pelo carinho, incentivo e dedicação.

Ao professor Jaime Vilela de Resende pela orientação, apoio, dedicação, paciência e ensinamentos que foram de grande valia para o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa e concessão da bolsa de estudos.

Aos meus amigos do Laboratório de Refrigeração de Alimentos que estiveram ao meu lado durante todo esse percurso, em especial ao Tales, Cris e Isis. O apoio de vocês foi essencial.

À minha amiga Magui por toda a dedicação, ajuda e amizade.

Aos professores Eduardo Vilas Boas e Rogério Gonçalves pela orientação e participação.

À Helo, pela dedicação, ajuda e paciência.

Ao Michael, meu namorado, pelo apoio, carinho, incentivo e por estar sempre ao meu lado.

Aos meus familiares e amigos que torceram por mim.

A todos que, de alguma forma, contribuíram e estiveram ao meu lado para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a qualidade pós-colheita de goiabas armazenadas sob diferentes temperaturas pelo uso da termografia infravermelha. Foram realizados três experimentos com três diferentes temperaturas e um tempo de armazenamento. O primeiro experimento foi feito com ar estático em refrigerador com temperatura constante de 5 °C. O segundo experimento foi realizado em câmara de refrigeração com ar forçado à temperatura constante de 10 °C e o terceiro em ambiente climatizado à temperatura constante de 20 °C. As análises determinadas foram a perda de massa, firmeza, taxa respiratória, coloração, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, SS/AT, vitamina C, pectina total e solúvel, açúcares totais, PME e PG. O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto em esquema fatorial 2 x 3. Através da termografia foi possível distinguir os tecidos

injuridos dos não afetados nas temperaturas de 5 e 20 °C, no entanto não foi

possível distinguir injúrias profundas e rasas nas goiabas. As variações de temperatura entre a superfície dos tecidos intacto e injuriado podem ser quantificadas e essa diferença de temperatura é correlacionada às injúrias. Nas

goiabas armazenadas a 5 °C, o tecido injuriado apresentou uma temperatura

menor que o tecido intacto, nas goiabas armazenadas a 20 °C, o tecido injuriado

apresentou-se a uma temperatura maior que o tecido intacto, enquanto que na

temperatura de 10 °C não houve alteração significativa entre os tecidos injuriado

e intacto. A termografia infravermelha tem potencial aplicação na avaliação e monitoração da qualidade e perfil de segurança das goiabas armazenadas sob diferentes temperaturas, visto que detecta o aparecimento de injúrias tanto mecânica quanto pelo frio e a senescência dos frutos. O armazenamento

refrigerado a 10 °C foi importante para a manutenção da qualidade das goiabas,

enquanto a 5 °C as goiabas sofreram injúria pelo frio e a 20 °C perderam as

características aceitáveis para o consumo. Os parâmetros de qualidade avaliados pelas análises físicas e químicas confirmaram os resultados visualizados nas análises termográficas.

Palavras-chave: *Psidium guajava*, L. Injúria. Refrigeração. Termograma IR.

### ABSTRACT

This work aimed at evaluating the postharvest quality of guavas stored at different temperatures by using infrared thermography. We conducted three experiments with three different temperatures and one storing time. The first experiment was done with static air in a refrigerator with a constant temperature of 5 °C; the second experiment was conducted in a refrigeration chamber with forced air at a constant temperature of 10 °C; and the third in an air conditioned environment at a constant temperature of 20 °C. The determined analyses were of mass loss, firmness, respiration rate, color, pH, soluble solids, titratable acidity, SS/AT, vitamin C, total and soluble pectin, total sugars, PME and PG. The experiment was conducted in a completely randomized design, disposed in a 2 x 3 factorial arrangement. Through the thermography it was possible to distinguish the injured tissues of those unaffected at temperatures of 5 and 20

°C, however it was not possible to distinguish deep and shallow injuries on the



guavas. The temperature variations between the surface of the intact and injured tissues can be quantified, and this difference in temperature is correlated to injury. In the guava stored at 5 °C, the injured tissue presented itself at a lower temperature than the intact tissue; in those stored at 20 °C, the injured tissue presented itself at a higher temperature than the intact tissue; while at the temperature of 10 °C, there was no significant change between the injured and intact tissues. Infrared thermography has potential application in assessing and monitoring the quality and safety profile of guavas stored at different temperatures, since it detects the appearance of injuries, both mechanic and by cold, and fruit senescence. The refrigerated storage at 10 °C was important for maintaining the quality of guavas, while the 5 °C the guavas suffered chilling injury and 20 °C they lost the characteristics acceptable for consumption. The quality parameters evaluated by the physical and chemical analyses confirmed the results observed in the thermographic analysis.

**Keywords:** *Psidium guajava*, L. Injury. Refrigeration. IR Thermogram.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Caixas plásticas para acondicionamento e transporte de goiabas.....	49
Figura 2	Experimentos realizados em diferentes temperaturas. Goiabas controle armazenadas em refrigerador com ar estático à temperatura constante de 5 °C (A); goiabas com indução de injúria armazenadas em refrigerador com ar estático à temperatura constante de 5 °C (B); goiabas controle e com indução de injúria armazenadas em câmara de refrigeração com ar forçado à temperatura constante de 10 °C (C); e goiabas controle e com indução de injúria armazenadas em ambiente climatizado à temperatura constante de 20 °C (D).....	50
Figura 3	Câmara de refrigeração.....	51
Figura 4	Sistema de refrigeração.....	52
Figura 5	Pêndulo utilizado para produzir os impactos nas goiabas.....	53
Figura 6	Colocação dos termopares no interior (centro) da goiaba.....	54
Figura 7	Termogramas gerados pelo termovisor infravermelho para as goiabas sem indução de injúria mecânica armazenadas na temperatura de 5 °C nos tempos de 1 (A), 5 (B) e 9 (C) dias de armazenamento.....	64
Figura 8	Termogramas gerados pelo termovisor infravermelho para as goiabas com indução de injúria mecânica armazenadas na temperatura de 5 °C nos tempos de 1 (A), 5 (B) e 9 (C) dias de	65

	armazenamento.....	
Figura 9	Termogramas gerados pelo termovisor infravermelho para as goiabas com injúria mecânica (demarcadas) e sem indução de injúria mecânica armazenadas na temperatura de 10 °C nos tempos de 1 (A), 5 (B) e 9 (C) dias de armazenamento.....	66
Figura 10	Termogramas gerados pelo termovisor infravermelho para as goiabas com injúria mecânica (demarcadas) e sem indução de injúria mecânica armazenadas na temperatura de 20 °C nos tempos de 1 (A), 5 (B) e 9 (C) dias de armazenamento.....	67
Figura 11	Variação da temperatura entre os tecidos injuriado pelo frio e intacto. Imagens térmica (infravermelha) (A) e digital (B) da goiaba armazenada a 5 °C.....	69
Figura 12	Variação da temperatura entre os tecidos injuriado mecanicamente e intacto. Imagens térmica (infravermelha) (A) e digital (B) das goiabas armazenadas na temperatura de 20 °C.	70

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Perfil de temperatura para a calibração do termoresistor Pt100.....	55
Gráfico 2	Dinâmica de resfriamento da goiaba armazenada a 10 °C.....	62
Gráfico 3	Dinâmica de resfriamento da goiaba armazenada à diferentes temperaturas (oscilação) durante nove dias de armazenamento – pré-teste.....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Velocidade do ar referente a diferentes alturas e larguras da câmara de refrigeração, nas direções horizontal e vertical.....	61
Tabela 2	Valores médios, em porcentagem, da análise de perda de massa em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	72
Tabela 3	Valores médios, em $\text{mg}100^{-1}\text{g}$ , da análise de vitamina C, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	74
Tabela 4	Valores médios, em $\text{g}100^{-1}\text{g}$ , de açúcares totais, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	76
Tabela 5	Valores médios, em porcentagem, da análise de sólidos solúveis (SS), em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	77
Tabela 6	Valores médios da análise de pH, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	79
Tabela 7	Valores médios, em porcentagem, da análise de acidez titulável (AT), em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	80
Tabela 8	Valores médios, em porcentagem, da análise de sólidos solúveis/acidez titulável, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	82
Tabela 9	Valores médios, em Newton (N), da análise de firmeza, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	83
Tabela 10	Valores médios, em $\text{g}100^{-1}\text{g}$ , da análise de pectina total, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	85
Tabela 11	Valores médios, em $\text{g}100^{-1}\text{g}$ , da análise de pectina solúvel, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação	

	entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	85
Tabela 12	Valores médios, em porcentagem, da análise de solubilidade, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	86
Tabela 13	Valores médios, em unidade.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> , da análise de pectina metil esterase (PME), em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	87
Tabela 14	Valores médios, em unidade.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> , da análise de poligalacturonase (PG), em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	88
Tabela 15	Valores médios, em CO <sub>2</sub> /Kg/h, da análise de taxa respiratória, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	90
Tabela 16	Valores médios da análise de coloração da casca em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento.....	92

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	Objetivo geral.....	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1	Goiaba.....	18
3.2	Perda de massa.....	23
3.3	Firmeza.....	24
3.4	Taxa Respiratória.....	25
3.5	Coloração.....	26
3.6	pH e Acidez Titulável.....	27
3.7	Sólidos solúveis e açúcares totais.....	28
3.8	Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT).....	29
3.9	Vitamina C.....	30
3.10	Pectina total e solúvel.....	32
3.11	Pectinametilesterase (PME) e Poligalacturonase (PG).....	33
3.12	Refrigeração.....	34
3.12.1	Importância do resfriamento pós-colheita.....	36
3.12.1.1	Resfriamento rápido por ar forçado.....	40
3.13	Temperatura e mecanismo da injúria por frio.....	41
3.14	Injúrias mecânicas.....	43
3.15	Termografia Infravermelha.....	45
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
4.1	Goiabas.....	49
4.2	Procedimento.....	49
4.3	Construção do equipamento.....	51
4.4	Injúria por impacto.....	52
4.5	Medida das temperaturas do ar e do interior da goiaba.....	53
4.6	Medida da velocidade do ar.....	55
4.7	Medida da umidade relativa.....	56
4.8	Utilização da Termografia Infravermelha.....	56
4.9	Metodologias analíticas.....	56
4.10	Delineamento experimental.....	60
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
5.1	Velocidade do ar.....	61
5.2	Dinâmica de resfriamento.....	61
5.3	Análise da temperatura superficial por termografia IR.....	63
5.4	Análises físicas e químicas.....	72
5.4.1	Avaliação da perda de massa.....	72

5.4.2	Avaliação do teor de vitamina C.....	73
5.4.3	Avaliação dos teores de açúcares totais e sólidos solúveis.....	75
5.4.4	Avaliação do pH e acidez titulável.....	79
5.4.5	Avaliação dos SS/AT.....	81
5.4.6	Avaliação da firmeza.....	82
5.4.7	Avaliação dos teores de pectina total, pectina solúvel e solubilidade.....	84
5.4.8	Avaliação dos teores de pectina metil esterase e poligalacturonase.....	87
5.4.9	Avaliação da taxa respiratória.....	89
5.4.10	Avaliação da coloração da casca.....	91
6	CONCLUSÕES.....	96
	REFERÊNCIAS.....	97



## 1 INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava*, L.) é originária da América tropical, com provável centro de origem localizado na região compreendida entre o sul do México e o norte da América do Sul. Esta espécie encontra-se amplamente difundida por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Esta é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, rendendo em 2011 o equivalente a 276 milhões de reais pela produção de 342,5 mil toneladas de frutos, com uma produtividade média aproximada de 21,5 t ha<sup>-1</sup>, sendo cultivada principalmente nos Estados de São Paulo, Pernambuco e Minas Gerais, que juntos produziram em 2011, aproximadamente, 69% da produção nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE, 2011).

A goiaba é uma fruta tropical climatérica, que apresenta em seu processo de amadurecimento uma elevação da taxa respiratória e da biossíntese de etileno que por sua vez modula a velocidade de amadurecimento da fruta. Devido à alta perecibilidade, a vida útil máxima da goiaba é de oito dias, relativamente curta (MOWLAH; ITOO, 1983). Isso dificulta a disponibilidade no mercado, podendo levar a perdas significativas pós-colheita e gerando a necessidade de utilização de algumas técnicas para aumentar seu potencial de consumo.

Dentre as causas de perdas pós-colheita das goiabas, destacam-se aquelas devidas à ocorrência de injúrias mecânicas, que podem ser agrupadas em injúrias por impacto, compressão ou corte. Tais injúrias ocasionam danos irreparáveis aos frutos, como observado em goiabas var. Paluma e Pedro Sato (MATTIUZ; BISCEGLI; DURIGAN, 2002), prejudicando sua qualidade e provocando consequente desvalorização comercial. Esses tipos de danos estimulam a produção de etileno, acelerando a maturação e, consequentemente, reduzindo a vida útil dos frutos (NEVES, 2009).

A refrigeração é um dos métodos conhecidos mais eficientes para a manutenção da qualidade pós-colheita e o mais econômico para o armazenamento prolongado de produtos hortifrutícolas. Segundo Kays (1991), o emprego da refrigeração prolonga a conservação dos frutos. Os principais aspectos de deterioração são o rápido amolecimento, a perda de coloração verde e do brilho e a incidência de podridões. Para a manutenção da qualidade pós-colheita, destaca-se o resfriamento rápido, o qual pode ser aplicado pelos métodos de resfriamento: sistema de resfriamento com água gelada (*hydrocooling*), sistemas a vácuo (*vacuum cooling*), resfriamento com ar forçado (*forced air cooling*) e gelo (*ice cooling*) em câmaras de armazenamento (AFONSO, 2005). Dentre os sistemas mencionados, os mais frequentemente encontrados são aqueles em que o resfriamento do produto é feito baseado nos ciclos de compressão de vapor, como em câmaras com ar forçado. O resfriamento rápido por ar forçado é uma das alternativas tecnológicas pós-colheita para a cadeia produtiva de goiaba, resfriando-se os frutos no menor tempo possível após a sua colheita, a fim de preservar a qualidade e prolongar a vida útil.

No processo de resfriamento rápido de frutas, a passagem do ar em contato com um produto que possui superfícies rugosas dará origem a fluxos de massa e gradientes de temperatura e umidade diferenciados entre a superfície em contato direto com o ar e o fundo das cavidades nos poros. Estes poros podem ser locais específicos de início e desenvolvimento de injúrias decorrentes da variação de temperatura e umidade. Porém, esses gradientes são de difícil medição por métodos intrusivos tradicionais pela impossibilidade de instalação de sensores que quantifiquem as diferenças nestes parâmetros. Logo, é razoável lançar a hipótese de que estas variações sobre a superfície do fruto possam ser quantificadas e correlacionadas às injúrias observadas durante o processo de resfriamento e armazenamento de frutas não embaladas.

Pesquisadores estão cada vez mais dedicados a descobrir novas tecnologias e inovações para monitorar a qualidade dos alimentos e perfil de segurança (GOWEN et al., 2010). A monitoração da qualidade pós-colheita de goiabas com base em um método rápido, objetivo e não destrutivo pode ser feita pelo uso da termografia infravermelha (IR).

A termografia é uma técnica de processamento de imagem bidimensional, que transforma a radiação térmica, gravada por uma câmera, em uma imagem termográfica ou termograma. Um termograma é uma representação da temperatura específica distribuída na superfície do objeto. A termografia é uma técnica de medição muito rápida e que permite a análise de objetos em movimento. É uma ferramenta de análise não destrutiva e não possui contato com o produto, de modo que nenhum dano mecânico ou contaminação do objeto de estudo possa ocorrer durante o processo (VERAVERBEKE et al., 2006). Deste modo, essa técnica vem sendo altamente aplicada como uma ferramenta de monitoramento de diagnóstico em ambientes industriais e médicos.

Uma medida essencial na pós-colheita de frutas é a detecção não destrutiva de defeitos provenientes de doenças, danos mecânicos e distúrbios fisiológicos. Estes defeitos manifestam-se com as mudanças das propriedades termodinâmicas do tecido infectado (BARANOWSKI; MAZUREK, 2009).

A análise de imagens da termografia infravermelha tem sido utilizada em alguns estudos que envolvem medidas de temperatura da superfície de material vegetal e pode também ser utilizada para medição ou controle da qualidade dos frutos. Estudos foram realizados para a utilização da termografia na detecção de injúrias em superfícies de maçã e de tomate, antes das injúrias visíveis ao olho humano (VEREYCKEN, 2002).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a qualidade pós-colheita de goiabas armazenadas sob diferentes temperaturas pelo uso da metodologia termográfica.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) estudar a hipótese de que existem variações de temperatura entre a superfície do fruto e o fundo das cavidades nos poros e que estas variações possam ser quantificadas e correlacionadas às injúrias;
- b) estudar a hipótese de que os defeitos internos e distúrbios fisiológicos da goiaba levam a alterações das propriedades térmicas do tecido;
- c) distinguir os tecidos machucados dos não afetados, bem como contusões profundas e rasas em goiabas;
- d) avaliar o efeito das injúrias mecânicas por impacto na atividade pós-colheita de goiabas;
- e) analisar o efeito da temperatura ambiente e de refrigeração na vida útil dos frutos de goiabeira;
- f) estudar as potenciais aplicações da termografia infravermelha para a avaliação e monitoração da qualidade e perfil de segurança das goiabas;
- g) verificar a incidência da injúria causada pelo frio na goiaba pela Termografia IR;
- h) determinar o binômio tempo x temperatura de armazenamento capaz de causar injúria pelo frio em goiabas e seu efeito na qualidade dos frutos.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Produtos hortícolas como frutas e hortaliças são formados por células vegetais que continuam vivas após a colheita e liberam energia. Essa energia é proveniente das transformações de substâncias presentes nos tecidos vegetais. A velocidade com que essas transformações ocorrem está diretamente ligada à vida útil pós-colheita desses produtos. Além dessas transformações internas, estão sujeitos à influência de fatores externos que lhes provocam distúrbios fisiológicos característicos. Mesmo que sejam atendidas as melhores recomendações para conservação pós-colheita, a qualidade das frutas se degrada como resultado de suas atividades biológicas, no que se refere ao consumo de matéria seca devido à respiração, ao amadurecimento, às atividades metabólicas e à perda de peso provocada pela transpiração (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

#### 3.1 Goiaba

Um dos grandes desafios da horticultura é a conservação da qualidade dos produtos após a colheita. Acompanhando a crescente demanda mundial por alimentos, não basta apenas o aumento da produção, mas a conservação da qualidade destes alimentos por um maior período de tempo. O período pós-colheita inicia-se após a separação do produto hortícola da planta e termina quando este é usufruído pelo consumidor final. Durante este período, o produto continua metabolicamente ativo e sujeito a deteriorações e perdas em decorrência do metabolismo interno e/ou, da ação de patógenos (IRTWANGE, 2006).

O Brasil é considerado o segundo maior produtor mundial de goiabas (*Psidium guajava* L.), com produção estimada em 342,5 mil toneladas (IBGE, 2011). Contudo, o País exporta menos que 1% do que é produzido. A alta

percebibilidade e sensibilidade desse fruto às condições de manejo durante a colheita, transporte e comercialização têm se tornado problemas constantes frente à qualidade *in natura*, tanto para a exportação como para o mercado interno e regional na América do Sul (NEVES et al., 2009). Tem como desvantagem ainda a fruta ser sazonal, dificultando sua oferta durante o ano inteiro (REIS et al., 2007).

A goiaba é a mais importante fruta comercial da família Myrtaceae, não só devido ao seu elevado valor nutritivo, mas pela excelente aceitação do consumo *in natura*, sua grande aplicação industrial, como também porque pode se desenvolver em condições adversas de clima (GONGATTI NETTO et al., 1996).

A goiaba é apreciada não só pelas suas diversas formas de utilização, aroma e sabor agradáveis, mas também por nutricionalmente ser uma excelente fonte de vitamina C, niacina, riboflavina, vitamina A (SOARES et al., 2007) e B, substâncias pécticas (pectina), proteínas e sais minerais, principalmente cálcio, ferro e fósforo (LEITE et al., 2006). Segundo Cavalini (2004), este fruto apresenta quatro vezes mais ácido ascórbico que a laranja, quatro e duas vezes mais cálcio e licopeno, respectivamente, que o tomate. Suas excelentes propriedades sensoriais a torna aproveitável tanto para o consumo 'in natura' quanto para a industrialização. Sua polpa, de alto rendimento, pode ser transformada e comercializada na forma de doces, geleias, sorvetes, coquetéis, compotas, sucos e bebidas (ALVES, 2010).

A alta qualidade de frutas e hortaliças frescas geralmente implica em características de sabor, cor, textura, aroma e aparência preferidos pelos consumidores em relação aos produtos processados. As frutas apresentam elevado conteúdo de água, diferenças morfológicas, químicas, físicas e fisiológicas, estando sempre sujeitas a injúrias mecânicas, ataques microbiológicos e às variações de temperatura e umidade relativa do ambiente

onde se encontram (HONÓRIO; MORETTI, 2002). A goiaba é uma fruta tropical e climatérica que normalmente é colhida ainda verde e firme e amadurece rapidamente após a colheita, além de ser altamente suscetível a injúrias induzidas por contusões (TOMÁS et al., 2005).

Os frutos da goiabeira apresentam um padrão climatérico de respiração, e no período pós-colheita senescem rapidamente, o que impede seu armazenamento por maiores períodos. Esse aspecto é de fundamental importância, pois dificulta ou até impossibilita o produtor de enviar seus frutos a centros consumidores mais distantes, em face das perdas que ocorrem durante o percurso. É imprescindível, portanto, que se busquem meios de controlar a respiração e transpiração da fruta na fase pós-colheita, de modo a se prolongar a vida útil do produto (LOPES, 1980).

A perda de água através da transpiração faz com que o gradiente de temperatura na superfície diminua devido ao calor latente requerido, transformando a fase líquida para a fase vapor. A transpiração por sua vez, depende do tipo e do estado da fruta (tamanho, forma, casca, maturidade, dentre outros), da temperatura e da umidade do ar circundante e do fluxo de ar em torno do produto (HELLEBRAND et al., 2000).

A transpiração provoca no produto a perda de aparência, textura e peso. Sigrist (1988) acrescenta que quanto menor a temperatura e maior a umidade relativa, menor será a transpiração da fruta. A temperatura e a umidade relativa são os principais fatores que alteram a taxa de transpiração das frutas, de cuja magnitude pode depender a senescência e a deterioração da goiaba.

Dentre os fatores biológicos, a respiração, fenômeno fisiológico, é a mais necessária para a manutenção da vida dos tecidos vegetais, como também um mecanismo de degradação de suas reservas energéticas e nutritivas. Segundo Lopes (1980), todos os processos biológicos, entre eles a respiração, são ativados com a elevação da temperatura. De acordo com o Instituto de

Tecnologia de Alimentos, ITA (1988), a temperatura afeta a velocidade da reação dos processos metabólicos, interferindo no tempo de armazenamento das frutas.

A perda de água pelo produto também aumenta, à medida que a temperatura do ar ambiente aumenta. Assim, na maioria das vezes, a perda de água das frutas acontecerá sempre que houver diferença de pressão de vapor entre o produto e o ar ambiente. Para se reduzir a perda de água, recomenda-se elevar a umidade do ar ambiente, reduzir a temperatura do produto, adequar a velocidade do ar ambiente, utilizar embalagem adequada e utilizar coberturas sintéticas ou naturais sobre o produto (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

O ambiente ou a embalagem que permite boa ventilação para a respiração aeróbica também auxilia na remoção de outros gases liberados pelos tecidos vegetais. Dentre esses gases, o etileno ( $C_2H_4$ ) é o mais importante pelo efeito de envelhecimento que provoca nos tecidos vegetais. O etileno, quando se acumula no interior do produto ou no ambiente onde este se encontra, promove o aumento da respiração, estimula as atividades metabólicas e, conseqüentemente, reduz a vida útil da fruta. Os danos mecânicos, os distúrbios fisiológicos, as doenças, o estresse híbrido, o próprio processo de amadurecimento dos produtos e temperaturas crescentes até 30 °C, geralmente estimulam a produção do etileno (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

Um dos fatores que contribuem para a firmeza dos frutos é a força de coesão entre as pectinas. Com a evolução do amadurecimento, ocorre atuação das enzimas pectinolíticas que promovem o amolecimento das frutas. Para Chitarra e Chitarra (2005), a redução da firmeza é regulada principalmente, por dois processos enzimáticos: a desesterificação ou remoção de grupos metílicos ou acetil das pectinas pela enzima pectinametilesterase e a despolimerização ou encurtamento das cadeias de pectinas, pela ação da enzima poligalacturonase.



O desequilíbrio nutricional tem origem na fase pré-colheita. Em alguns casos são latentes no campo, manifestando-se apenas após a colheita. Às vezes estão associados a fatores climáticos ou mesmo à aplicação de defensivos agrícolas. As correções para as deficiências minerais devem ser realizadas, preferencialmente, na fase pré-colheita. Na fase pós-colheita, algumas atitudes podem ser tomadas para reduzir a incidência do distúrbio. Diversos são os distúrbios fisiológicos causados principalmente por cálcio, potássio, magnésio, fósforo, boro, zinco e nitrogênio. Além das desordens fisiológicas, fatores como vento, chuva, frio, dentre outros, também provocam respostas fisiológicas além de favorecerem os desequilíbrios nutricionais (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

A aplicação de tratamentos com cloreto de cálcio ou 1-metilciclopropeno (1-MCP), em goiaba, pode contribuir para uma diminuição da perda de massa, redução da taxa de respiração, redução da degradação de pectinas, menor síntese de vitamina C e uma maior firmeza, proporcionando atividades mais baixas das enzimas, promovendo um amaciamento menos intenso e estendendo assim a vida útil pós-colheita (LINHARES, 2007).

O efeito do ambiente refrigerado potencializa e é mais importante que a utilização de tratamentos com Ca, no que se refere à conservação da casca verde da fruta (GONZAGA NETO; CRISTO; CHOUDHURY, 1999). Chitarra e Chitarra (2005) informam que as baixas temperaturas têm a capacidade de retardar as atividades metabólicas, reduzindo a síntese e degradação dos polissacarídeos e carboidratos.

O aumento da vida útil de goiabas pode ser conseguido de várias formas, que vão desde a utilização de técnicas de resfriamento rápido, armazenamento refrigerado, armazenamento com atmosfera modificada e/ou controlada, uso de filmes comestíveis, congelamento e tratamentos térmicos (JACOBI; MACRAE; HETHERINGTON, 2000).

Conforme Gongatti Netto et al. (1996), o período de conservação da goiaba sob refrigeração com umidade relativa entre 85 – 90% é de 21 dias a 8 °C, 14 dias a 10 °C e 10 dias a 12 °C. Choudhury et al. (2001) citam que a 5 °C esse período é menos de 10 dias, isso se deve aos danos causados pelo frio. Estes mesmos autores afirmam que as condições ideais de armazenamento de goiaba encontram-se em temperaturas entre 8 °C a 10 °C e umidade relativa de 85% a 90%.

O conhecimento das propriedades químicas e físicas da goiaba é um fator altamente relevante, uma vez que é utilizado como referência para a aceitabilidade da mesma no mercado nacional e internacional (GOUVEIA et al., 2004).

### **3.2 Perda de massa**

A perda de massa dos frutos tem grande importância na qualidade comercial dos produtos hortícolas, pois influencia nas perdas quantitativas diretas, como a perda de massa vendável, na aparência, como o murchamento, na qualidade da textura e na composição química (PINTO, 2005). A perda de massa ocorre devido à evaporação da água, alterações de origem biológica ou, ainda, liberação de dióxido de carbono e pode ser retardada reduzindo-se a taxa de transpiração, através de técnicas pós-colheita como o aumento da umidade relativa do ar, diminuição da temperatura, redução do movimento do ar e uso de embalagens protetoras (CARMO, 2004).

Goiabas com massa superior a 200 g são classificadas como excelentes, entre 100 e 199 g, como boas e abaixo de 100 g como ruins (CHOUDHURY et al., 2001). A massa média do fruto é uma característica importante, levando-se em consideração que, em geral, os frutos de maior massa são também os de

maior tamanho e mais atrativos para o consumidor (LIMA; ASSIS; GONZAGA NETTO, 2002).

### **3.3 Firmeza**

A firmeza é um dos atributos mais relevantes da qualidade, pois além de definir a qualidade do fruto para o consumo *in natura* e para o processamento, contribui para a vida útil, auxiliando na resistência ao transporte e ao ataque de microrganismos (CARVALHO et al., 2001). Segundo Awad (1993), a firmeza é influenciada pelo estágio de maturação, condições climáticas durante o período de colheita e cultivar.

Uma das principais transformações que ocorre durante o amadurecimento de frutos é o amaciamento dos tecidos, o qual influencia tanto na qualidade como no período de conservação. Na goiaba, assim como na maioria dos frutos, a firmeza está intimamente ligada à estrutura celular e à composição pécica (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001), podendo variar conforme a intensidade do processo e grau de maturação do fruto. A diminuição deste parâmetro, com conseqüente amaciamento, durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e degradação dos componentes da parede celular (CARVALHO et al., 2001; LINHARES et al., 2007), causadas pela atividade de hidrolases, tais como a pectinametilesterase e a poligalacturonase (VILAS BOAS; REIS; MELO, 2009). A protopectina, ligação da pectina com cálcio, predomina nos tecidos vegetais imaturos, sendo que com o amadurecimento dos frutos ocorre a liberação do cálcio da pectina, ocasionando o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução da força de coesão entre as células. Além disso, a decomposição de outros componentes das paredes celulares, tais como celulose e hemicelulose, bem como a hidrólise do amido e o grau de hidratação

dos tecidos influenciam no processo de amaciamento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tal aspecto pode ser medido com o auxílio de equipamentos como, penetrômetro, maturômetro, texturômetro ou prensas hidráulicas, através da obtenção de dados sobre a resistência e consistência do tecido por meio da compressão do produto. A medida obtida equivale à força necessária para vencer a resistência dos tecidos da polpa (DÚSSAN SARRIA, 2003).

A determinação da firmeza é uma forma prática de avaliar o estágio de maturação do fruto. Dhingra, Gupta e Chundawat (1983) consideraram verdes as goiabas com firmeza de 85 Newton (N) e verde-amarelas aquelas com firmeza em torno de 51 a 66 N.

### **3.4 Taxa respiratória**

O amadurecimento representa a fase final da maturação no qual se dá o início dos processos degradativos. Importante lembrar que nesta fase, a taxa respiratória e a produção de etileno são bastante elevadas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; JACOMINO et al., 2008).

A goiaba é um fruto climatérico, apresentando clara transição entre o crescimento e a senescência, caracterizada pela elevação da taxa respiratória e da biossíntese de etileno (RIBEIRO et al., 2005). Devido ao padrão climatérico desses frutos, no período pós-colheita, senescem rapidamente, impedindo seu armazenamento prolongado, sendo imprescindível controlar a respiração e transpiração do fruto na fase pós-colheita (GONZAGA NETO; CRISTO; CHOUDHURY, 1999).

Segundo Bron et al. (2005), a taxa respiratória e o amadurecimento comportam-se em resposta a diferentes temperaturas, tipo de estocagem e

condições de comercialização, sendo que tais fatores podem ser otimizados para reduzir as perdas.

A taxa respiratória é um indicador da atividade metabólica do tecido vegetal e, portanto um excelente indicador no potencial de armazenagem dos frutos, por isso o princípio básico do sistema de refrigeração é o controle da respiração dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em condições não controladas, a respiração leva à rápida senescência dos tecidos vegetais tornando-os susceptíveis ao ataque de microrganismos e à perda de água.

Assim, o controle da taxa respiratória é condição essencial para a conservação da qualidade dos produtos perecíveis (DÚSSAN SARRIA, 2003).

### **3.5 Coloração**

Durante o amadurecimento, a maioria dos frutos apresenta modificações de coloração. Desta forma a coloração torna-se um atributo importante na determinação do estágio de maturação e qualidade comestível do fruto. As mudanças de coloração são resultantes não só da degradação da clorofila, como também, da síntese de pigmentos, principalmente carotenoides e antocianinas (TUCKER, 1993).

A coloração é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor. Os produtos de coloração forte e brilhante são os preferidos, embora, na maioria dos casos, a coloração não se correlacione nem com o valor nutritivo nem com a qualidade comestível do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Com relação aos pigmentos, para a maioria das frutas, o primeiro sinal de amadurecimento consiste no desaparecimento da cor verde. O decréscimo de clorofila, durante o amadurecimento, é lento e, geralmente, certa quantidade de pigmento pode permanecer na fruta.

A degradação da clorofila é o processo predominante na mudança de cor dos frutos. Esta degradação ocorre em função das mudanças de pH, de ácidos, do aumento dos processos oxidativos e da ação das clorofilases (WILLS et al., 1998).

A determinação da coloração dos frutos pode ser feita por métodos subjetivos, os quais se baseiam na intensidade e nas variações da coloração perceptíveis ao olho humano. A determinação também pode ser feita por equipamentos capazes de medir a quantidade e qualidade da luz refletida do produto, sendo estes, métodos objetivos que garantem maior confiabilidade na utilização deste parâmetro (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A goiaba sofre modificações de coloração, durante o amadurecimento, principalmente na cor da casca. Nas goiabas de polpa vermelha, a cor da casca muda de verde escura para amarela durante o amadurecimento, enquanto que a cor da polpa muda de rosa para vermelho (PEREIRA, 1995). Segundo Mercado-Silva, Bautista e Garcia-Velasco (1998), a cor da casca é o melhor índice para indicar o estágio de maturação para goiaba. Para Bleinroth (1996), deve-se ter cuidado em utilizar a coloração como índice de maturação. Isto porque, frutos localizados em certas posições na copa, que recebem raios solares durante boa parte do dia, adquirem coloração muito intensa resultando em falsa indicação do estágio de maturação.

### **3.6 pH e Acidez Titulável**

De acordo com Chaves e Sproesser (1996), a acidez avaliada através da presença de ácidos orgânicos expresso em ácido cítrico e o pH são de grande relevância devido a vários fatores, tais como: desenvolvimento de microrganismos, influência na palatabilidade, emprego de esterilização, escolha de embalagem que será utilizada para o alimento, entre outros. A acidez fornece

dados importantes na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício (MACEDO, 2001). Nos processos de industrialização, índices de acidez em ácido cítrico do fruto ou polpa de goiaba de 0,8% são considerados satisfatórios (PEREIRA, 1995). As condições ótimas para formação de gel em doces, em massa e geleias ocorrem em valores específicos de pH da polpa (GAVA, 1984).

Em frutos, a acidez é atribuída, principalmente aos ácidos orgânicos dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como na forma combinada com sais, ésteres, glicosídeos, etc. (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em geral, o sabor ácido está associado, principalmente ao íon hidrogênio e ao grau de dissociação. Ácidos fortes, completamente dissociados, apresentam maior acidez do que soluções de um ácido fraco de normalidade equivalente (LIMA; ASSIS; GONZAGA NETO, 2002). Acidez titulável é a quantidade de ácido de uma amostra que reage com uma base de concentração conhecida (CECCHI, 1999). A acidez dos frutos deve-se, principalmente, aos ácidos cítrico, málico e tartárico. Em frutos maduros de goiaba, a acidez titulável pode variar de 0,2 % a 1,0 % em ácido cítrico (PEREIRA, 1995).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a acidez titulável é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Essa quantidade tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta até o seu completo desenvolvimento fisiológico, quando começa a decrescer à medida que ela vai amadurecer.

### **3.7 Sólidos solúveis e açúcares totais**

Os sólidos solúveis, representados por açúcares, ácidos, aminoácidos, vitaminas e pectinas, são constituintes importantes na caracterização da qualidade da goiaba. Altos teores dessa variável são desejáveis, tanto para o

consumo *in natura* como para processamento industrial (LIMA, 2005). Para a indústria, teores de sólidos solúveis elevados dos frutos e polpa, resultam em maior rendimento do produto final (PEREIRA, 1995). Sua concentração aumenta com a perda de massa, pois a mesma ocasiona a concentração de açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005; RIBEIRO et al., 2005). Na goiaba, o teor de sólidos solúveis é representado por cerca de 51% a 91% de açúcares; visto que o principal açúcar é a frutose, esse teor está sob influência de fatores que afetam a síntese da frutose (AZZOLINI et al., 2005).

Os sólidos solúveis são a representação da percentagem em gramas dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco da polpa. Nas frutas, esses sólidos são constituídos por açúcares e ácidos orgânicos (GOUVEIA et al., 2004).

Os açúcares são responsáveis pelo flavor, cor e textura. A doçura da goiaba é resultante da proporção entre a frutose, glicose e sacarose. Estes açúcares possuem poder adoçante diferenciado, portanto a quantificação destes indica a contribuição dos açúcares no sabor final do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em frutos maduros de goiaba, os açúcares totais podem variar de 4,0 % a 9,0 % (PEREIRA, 1995).

### **3.8 Relação Sólidos Solúveis e Acidez Titulável (SS/AT)**

A relação entre SS e AT fornece um indicativo do sabor do fruto, pois relaciona a quantidade de açúcares e ácidos presentes. A relação SS/AT tende a aumentar durante a maturação, devido ao aumento nos teores de açúcares e à diminuição dos ácidos. Desta forma, todos os fatores sejam eles ambientais ou fisiológicos, que interferem no metabolismo dos açúcares e ácidos, estarão interferindo na relação SS/AT e consequentemente no sabor do fruto (GONGATTI NETTO et al., 1996).



A relação SS/AT pode ser considerada um índice de maturação para goiabas, em que valores acima de 25 são indesejáveis pois as frutas apresentam sabor estranho (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Segundo Reyes, Marin e Bolanõs (1976), a relação SS/AT para goiabas verdes é de 7,3, enquanto que as verde-maturas e as maduras apresentam relações em torno de 7,8 e 16,5, respectivamente.

Assim, como observado para o teor de sólidos solúveis, os valores encontrados na literatura para a relação SS/AT são variáveis, ficando entre 3,85 e 36,24 (GERHARDT et al., 1997).

### **3.9 Vitamina C**

A vitamina C é um nutriente de destaque em razão da sua grande importância na nutrição humana. Essa vitamina é representada por 2 componentes que possuem atividade biológica: o ácido ascórbico (AA), principal componente e o ácido dehidroascórbico (DHA). Há poucas décadas, o DHA era tido como um produto da oxidação do AA e não como uma molécula com sua importância química e características biológicas. Embora ambas as moléculas tenham atividade antiescorbútica quando ingeridas, o DHA possui outras propriedades que o distinguem do AA. Por exemplo: o DHA é mais reativo e menos instável em solução que o AA. Além disso, o DHA pode ser reduzido a AA ou rapidamente hidrolisado e oxidado, funcionando tanto como um agente oxidante quanto redutor (DEUTSCH, 2000).

As frutas e hortaliças são responsáveis por 95% das fontes de ácido ascórbico na alimentação humana, sendo este um dos mais importantes nutrientes encontrados nestes alimentos (MATSUURA, 2001).

A vitamina C é necessária para a prevenção do escorbuto e manutenção da saúde da pele, mucosas e vasos sanguíneos. Essa vitamina é também

conhecida por possuir diversas atividades biológicas, como a formação de colágeno, absorção de ferro inorgânico, redução dos níveis de colesterol plasmático, inibição da formação de nitrosaminas, melhora do sistema imune e reação com o oxigênio e outros radicais livres. Como um antioxidante, a vitamina C reduz o risco de arteriosclerose, doenças cardiovasculares e ainda algumas formas de câncer. Embora as hortaliças, em geral, forneçam quantidades menores de vitamina C do que as frutas, destacam-se pelo seu amplo consumo, o que as coloca como alimentos fonte da vitamina (LEE; KADER, 2000).

Tem havido uma maior preocupação, por parte dos consumidores, em relação à qualidade nutricional dos alimentos. No caso da vitamina C, existe um interesse tanto dos consumidores quanto dos fabricantes de alimentos, uma vez que esse nutriente é um dos mais sensíveis às condições de processamento e de armazenagem, e a sua degradação está relacionada com diversos fatores, tais como oxigênio, pH, luz, temperatura e conteúdo de umidade ou atividade de água (GABAS; TELIS-ROMERO; MENEGALLI, 2003).

As goiabas possuem quantidade significativa de vitamina C e as concentrações aumentam durante a etapa de maturação e, após, diminuem gradativamente. O aumento inicial é relacionado à maior síntese de intermediários metabólicos precursores deste composto, e sua posterior redução se dá à oxidação dos ácidos orgânicos durante o amadurecimento (AZZOLINI et al., 2005; MANICA et al., 2000). Moraes (2007) afirma que a goiaba apresenta quatro vezes mais vitamina C do que a laranja, no entanto sabe-se que esses valores podem variar sob diferentes fatores e, segundo Carvalho et al. (2001) o teor de vitamina C varia de 55 a 1.044 mg / 100 g, de acordo com a cultivar, local e manejo.

Choudhury et al. (2001) afirmam que o teor de vitamina C depende da cultivar, época do ano, localização do pomar e estágio de maturação; e que os

maiores teores são cerca de 337 mg / 100 g, encontrados nos frutos “de vez” e na região próxima à casca, pois o conteúdo vai de fora para dentro do fruto, sendo assim, a casca é mais rica em relação a este nutriente do que a polpa interna. Durante o amadurecimento, ocorre a oxidação dos ácidos e consequente redução do teor de vitamina C (AZZOLINI et al., 2005).

### **3.10 Pectina total e solúvel**

As pectinas em frutos encontram-se sob diferentes formas, caracterizadas por diferentes solubilidades. A protopectina é uma forma insolúvel em água e que, por hidrólise parcial, produz ácidos pectínicos ou ácidos pécticos também chamados de pectinas solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Como as hemiceluloses, as pectinas constituem um grupo heterogêneo de polissacarídeos, caracteristicamente contendo açúcares ácidos, como ácido galacturônico, e açúcares neutros, tais como ramnose, galactose e arabinose. Na parede, as pectinas também são moléculas muito grandes e complexas, compostas de tipos diferentes de polissacarídeos pécticos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A goiaba é rica em pectina sendo seu teor influenciado por fatores como cultivar, estágio de maturação, época de desenvolvimento dos frutos e fatores climáticos (CERQUEIRA, 2007).

Há vários estudos relacionados à mudança nos teores de pectina em goiaba durante o seu amadurecimento; os mesmos estão em torno de 2,4% (CARVALHO et al., 2001; GIANONNI, 2000; LIMA, 2004; LINHARES et al., 2007; MENDONÇA et al., 2007; MOWLAH; ITOO, 1983; OSHIRO et al., 2008; VILA et al., 2007; XISTO et al., 2004) no entanto, essas quantidades de

pectina não parecem condizentes com a responsabilidade principal de manter a firmeza dos frutos (ABREU et al., 2012).

O aumento nos teores de pectina solúvel indica amaciamento do fruto e acontece devido ao fato das substâncias pécticas serem degradadas a ácido galacturônico solúvel. O amaciamento da goiaba é um processo que se caracteriza pela despolimerização das pectinas da parede celular, acompanhado por um aumento na solubilização das mesmas e é controlado por enzimas pectolíticas (LIMA; DURIGAN, 2002; XISTO, 2004).

### **3.11 Pectinametilesterase (PME) e Poligalacturonase (PG)**

Uma característica das goiabas durante o amadurecimento é o incremento na atividade enzimática degradativa da parede celular, responsável pelo amaciamento. Do ponto de vista bioquímico, um grande número de enzimas tem participação na degradação biológica das substâncias pécticas, embora algumas ainda não tenham sido estudadas. No entanto, especial atenção tem sido dada à pectinametilesterase e à poligalacturonase, enzimas relacionadas com a degradação dos poliuronídeos (LINHARES et al., 2007).

A PG é uma enzima que catalisa a hidrólise das ligações  $\alpha$ -1,4 do ácido poligalacturônico (KONNO; YAMASAKI; KATOH, 1983). A atividade desta enzima tem sido identificada em vários frutos em amadurecimento e está correlacionada com o aumento no teor de pectina solúvel e o amaciamento que acompanham o amadurecimento (VILAS BOAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996). Sua atividade é aumentada, acentuadamente, durante o climatério da respiração, participando da perda de firmeza progressiva de muitos frutos (AWAD, 1993).

A enzima PME é conhecida por desesterificar compostos pécnicos constituintes da parede celular das plantas. A hidrólise de grupos metil-éster, catalisada por esta enzima, produz uma pectina com menor grau de metilação, a qual sofre clivagem pela PG. Assim, o efeito sinérgico dessas duas enzimas tem um importante papel no processo de amaciamento do fruto durante o estágio de amadurecimento. A desmetilação da pectina resulta em um maior número de grupos carboxílicos, o que pode facilitar a ação da poligalacturonase, que degrada substâncias pécticas, preferivelmente desesterificadas (FRY, 1986).

Pectinametilesterase (PME, EC 3.1.1.11) e Poligalacturonase (PG, EC 3.2.1.15) são as duas principais enzimas que agem na fração péctica da parede celular, já que as mesmas estão envolvidas na solubilização das pectinas presentes na parede celular (LIMA, 2003; WEI et al., 2010).

Mesmo com as contradições citadas na literatura com relação às enzimas PME e PG, os frutos da goiabeira amadurecem, ocorrendo todos os processos de amaciamento do fruto, reforçando a indicação de que a solubilização das pectinas seja também efetuada por outras enzimas diferentes. Em goiaba, não se encontra atividade de PG (ABREU, 2012; LINHARES et al., 2007) ou esta é muito baixa.

### **3.12 Refrigeração**

Apesar de o Brasil se caracterizar como um país altamente produtor, é também um dos países onde mais se perdem alimentos pós-colheita, perdas de frutas e hortaliças da ordem de 30 a 40%, principalmente, nas fases de armazenamento, transporte e comercialização (CUNHA, 2011). A maior parte das perdas ocorre devido ao inadequado manejo na colheita, à conservação inadequada, à falta de aplicação de adequadas tecnologias de refrigeração e da cadeia do frio, a embalagens dimensionadas sem atender às exigências dos

produtos, às operações de pós-colheita e à inadequada logística (TERUEL, 2008).

A refrigeração é um processo que traz benefícios palpáveis, ainda maiores em países de clima tropical, como o Brasil. Particularmente, por ser grande produtor de frutas e hortaliças e ainda pequeno exportador, há grande potencial de mercado, desde que aspectos relacionados à pós-colheita, padrões de qualidade e comercialização sejam atendidos (TERUEL, 2008).

Hoje, os comerciantes mais desejosos de conquistar mercados já instalam gôndolas refrigeradas em seus supermercados. Escrever na embalagem que o produto é “fresco” tem como objetivo passar uma mensagem ao consumidor de que há todo o cuidado para com o produto e que este cuidado inclui o frio. Com o frio, aumenta-se a vida de prateleira e diminui-se a atividade de microrganismos, entre outros. Frio é uma necessidade quando a questão é saúde. Alguns produtos, como morango e melão, são colhidos precocemente para suportarem o armazenamento. Com a tecnologia do frio pode-se colher o produto no estágio ideal e armazená-lo na condição desejada para o consumo (GAYET; CORTEZ; MORETTI, 2002).

O termo qualidade pode ser observado por vários aspectos, uma vez que pode ter diversas definições para pessoas diferentes. Em se tratando de frutos, Afonso Neto (1985) destaca a aparência externa e a qualidade intrínseca. No geral, quando o fruto é destinado ao consumo *in natura*, dá-se maior importância ao aspecto externo, ficando os atributos intrínsecos ao processamento industrial. Segundo Borguini, Oetterer e Silva (2003), os atributos de qualidade pós-colheita de frutos dependem do mercado ao qual se destinam: armazenamento, consumo *in natura* ou processamento.

O fator mais importante que afeta a vida útil de vegetais é a temperatura, a qual influencia diretamente as taxas das reações químicas e enzimáticas (ROSA; FARIA; AMANTE, 1999). A conservação de produtos vegetais por

refrigeração baseia-se na inibição total ou parcial dos principais agentes responsáveis pelas alterações que ocorrem neste grupo de alimentos: o crescimento e atividade microbiana, as atividades metabólicas dos tecidos após a colheita, as enzimas e as reações químicas (ORDÓÑEZ, 2005).

Os produtos vegetais caracterizam-se por serem sensíveis a mudanças indesejáveis de temperatura e umidade relativa do ambiente onde se encontram. Algumas vezes, essas alterações podem não ser notadas de imediato, mas serão observadas ao longo da cadeia de comercialização por meio da mudança de sabor, odor, firmeza e outras características de qualidades inerentes ao produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Assim, a implantação da ‘Cadeia do Frio’, obedecendo às características particulares de cada cultivar, garante a conservação da qualidade durante a comercialização de frutos e hortaliças até que esses produtos cheguem à mesa do consumidor (FERREIRA NETO et al., 2006).

### **3.12.1 Importância do resfriamento pós-colheita**

Tecnologias de resfriamento rápido são consideradas tratamentos pós-colheita de grande importância e eficácia, para manter a qualidade de frutas e hortaliças, aumentando sua vida útil (CORTEZ, 2002; MITCHELL, 2002; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO, 2006). Formam parte da cadeia do frio, definida como o conjunto de sistemas e equipamentos que garantem aos produtos se manterem à temperatura e umidade relativas recomendadas, desde a colheita até a comercialização.

Associam-se a estas tecnologias à rápida diminuição da temperatura, retirada de significativas parcelas da carga térmica que o produto possui após a colheita e às operações de beneficiamento e retardamento da atividade

respiratória e metabólica. Ao diminuir a carga térmica do produto, as câmaras de armazenamento frigorificado podem ter o sistema de refrigeração dimensionado para capacidade de refrigeração menor, contribuindo para a diminuição dos custos de resfriamento e do custo final do produto. A aplicação de resfriamento rápido tem se tornado, também, importante estratégia de *marketing*, sendo associada pelos consumidores a produtos frescos e de qualidade (TURK; CEIK, 1993; SULLIVAN; DAVENPORT; JULIAN, 1996). A deterioração de frutas e hortaliças, por exemplo, pode ocorrer tanto em uma hora a 25 °C, como em uma semana, a 1 °C, o que destaca a necessidade do resfriamento rápido (SULLIVAN; DAVENPORT; JULIAN, 1996; MITCHELL, 2002).

O resfriamento rápido é essencial para a redução da atividade enzimática, retardamento do amadurecimento de frutas, hortaliças e, inclusive flores, na redução do desenvolvimento de microrganismos e na diminuição das perdas de água por transpiração (BROSNAN; SUN, 2001; MITCHELL, 2002).

As exigências de resfriamento dependem do tipo de produto e cultivar, de suas características, do valor agregado, da comercialização e da vida útil. Para evitar os danos pelo frio, provocados pela exposição dos produtos a temperaturas mais baixas do que aquelas que os tecidos toleram, o resfriamento de goiabas entre 8 e 10 °C seria suficiente (PHAKAWATMONGKOL; KETSA; DOORN, 2004).

Frutas, como ameixa, cereja doce, morango, brócolis, maçã, nectarina, pêssago, pera e uva, podem ser resfriadas e armazenadas a temperaturas próximas do ponto de congelamento, enquanto que abacate, abóbora, tomate, abacaxi, banana, goiaba, limão, manga, mamão e melancia, devem ser resfriadas e armazenadas em temperaturas mais altas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR, ASHRAE, 2002; EDEGOU; FEDDES; LEONARD, 1997).



Após a colheita e as operações de beneficiamento, o resfriamento rápido deve ser o seguinte passo. Alguns trabalhos relatam que quanto maior o intervalo de tempo entre colheita e resfriamento, maior será a perda de qualidade (SULLIVAN; DAVENPORT; JULIAN, 1996; BRACKMANN; HUNSCHE; LUNARDI, 2001; MITCHELL, 2002).

O tempo de resfriamento de frutas e hortaliças depende de vários fatores, dentre eles, coeficiente de transferência de calor, diferença de temperatura entre o produto e meio de resfriamento, propriedades termofísicas, tamanho e geometria dos produtos, tipo de meio de resfriamento, tipo de embalagem e arranjo dos produtos dentro da mesma (BROSNAN; SUN, 2001).

A velocidade do resfriamento diminui durante o processo de forma logarítmica, ou seja, há uma queda mais acentuada no início do processo até a metade da diferença entre a temperatura inicial e a do meio de resfriamento, sendo menos acentuada na medida em que a temperatura se aproxima da temperatura do meio de resfriamento. A temperatura da superfície diminui muito mais rapidamente do que a temperatura da polpa dos produtos. Desta forma, no início do processo a maior parcela do calor que os produtos possuem é retirada. O tempo de resfriamento depende de diversos fatores, dentre eles a velocidade do fluido de resfriamento (TERUEL, 2008).

O resfriamento rápido objetiva a retirada do calor do produto após a colheita e operações de beneficiamento, antes que seja armazenado, transportado ou comercializado. O processo de resfriamento pode acontecer em tempos razoavelmente curtos, que vão desde minutos até algumas horas (MITCHELL, 2002).

Diversos fatores afetam a taxa de resfriamento, fazendo com que aumente ou diminua o tempo necessário para atingir a temperatura ótima para cada produto. A influência das dimensões de frutas e hortaliças nas taxas de resfriamento é diretamente proporcional, sendo que, por exemplo, para

velocidade do ar constante, as taxas de resfriamento variam em até 90% com o aumento do diâmetro (MOHSENIN, 1986; GUEMES; PIROVANI; PENTIMA, 1989; GAFFNEY; BAIRD, 1991).

A eficiência do resfriamento pode diminuir com a altura e profundidade do leite (BAIRD; GAFFNEY; TALBOT, 1988; BOYETTE; ROHRBACH, 1994). Produtos em contato direto com o ar podem se resfriar na primeira hora, entretanto, para a camada mais afastada, o resfriamento pode demorar até 7 horas. Esta diferença pode ser explicada pelo gradiente de temperatura que se forma ao longo do leite, trazendo consigo a diminuição das taxas de transferência de calor (GAFFNEY; BAIRD, 1991).

O meio de resfriamento tem influência direta na eficiência do processo, tipo, propriedades térmicas e físicas, velocidade e temperatura, os quais contribuem para que o processo de transferência de calor seja mais ou menos intenso. Fatores inerentes ao produto, como temperatura e dimensões, não podem ser alterados. Então, a diminuição do tempo de resfriamento pode ser conseguida alterando-se outras variáveis que têm influência no processo de resfriamento, como a vazão diretamente relacionada com a velocidade do fluido de resfriamento (TERUEL, 2008).

A velocidade do meio de resfriamento está diretamente relacionada com a transferência de calor por convecção, sendo esta mais intensa à medida que a velocidade aumenta. No entanto, para o dimensionamento dos equipamentos para resfriamento, deve-se considerar a relação custo-benefício, evitando-se, por exemplo, alto consumo de energia, o que se traduz em aumento do custo de resfriamento e custo total do produto e até mesmo danos aos produtos, provocado pela intensificação da transferência de massa, refletida em perdas de peso (BROSNAN; SUN, 2001; KADER, 2002; CASTRO; VIGNEAULT; CORTEZ, 2005).

Os quatro principais métodos para produtos hortícolas, dependendo do meio refrigerante, utilizados são: por ar forçado (*forced-air cooling*), com água gelada (*hydrocooling*), gelo (*ice cooling*) e resfriamento a vácuo (*vacuum cooling*) (AFONSO, 2005; CORTEZ et al., 2002; TERUEL, 2008). O sistema deve ser escolhido atendendo a critérios de perecibilidade e vida útil do produto, tolerância ao meio de resfriamento e relação custo-benefício (TERUEL, 2008).

### **3.12.1.1 Resfriamento rápido por ar forçado**

O resfriamento com ar forçado, também conhecido como túnel Californiano, é aplicado em vários países, devido à relativa simplicidade na instalação e operação, poucas limitações com relação ao produto e custos menores se comparado com o resfriamento com água, gelo ou vácuo (DENNIS, 1984). No sistema por ar forçado, o ar é o meio de resfriamento, o qual é forçado através dos produtos reduzindo o tempo de resfriamento dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; CORTEZ et al., 2002). Existem várias configurações que representam esse sistema, a mais comum é aquela na qual se aproveita uma câmara de estocagem e arranja-se o produto de forma a direcionar o ar através dele. Esse arranjo pode ser feito com o uso de lonas e um forçador de ar que provocará um fluxo de ar e, conseqüentemente, uma diferença de pressão (CORTEZ et al., 2002).

O sistema de resfriamento rápido em câmara deve ser projetado de forma que retire a carga térmica correspondente à estocagem e ainda o calor de campo, sendo necessário promover uma circulação eficiente de ar associada a uma temperatura adequada (LEAL; CORTEZ, 1998).

A utilização do sistema de resfriamento rápido por ar forçado pode resultar em produtos de boa qualidade, menores perdas para o comerciante,

aumento no tempo de comercialização com menor desperdício e maiores ganhos (ASHRAE, 2002).

### 3.13 Temperatura e mecanismo da injúria por frio

A temperatura, que é a maneira de se medir o calor, tem um efeito bastante característico sobre a respiração das frutas. Quando o calor aumenta, a velocidade respiratória também aumenta. Dentro da faixa de temperatura de 0 °C a 30 °C, a cada 10 °C de aumento na temperatura, a velocidade respiratória pode duplicar, triplicar ou mesmo quadruplicar. Portanto, o calor acelera a respiração provocando desgaste de matéria seca do produto e, conseqüentemente, degradação da qualidade das frutas. Por esse motivo utiliza-se a tecnologia do resfriamento para diminuir o calor do produto e do ambiente onde este se encontra (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

Temperaturas que provocam o congelamento dos tecidos vegetais não são adequadas para qualquer produto destinado ao consumo *in natura*. A injúria pelo frio (*chilling injury*) é uma desordem fisiológica observada nos tecidos dos vegetais, principalmente os de origem tropical e subtropical. É resultante da exposição dos tecidos a temperaturas entre 5 °C e 15 °C, causando danos fisiológicos aos frutos. A temperatura crítica em que os sintomas ocorrem varia de acordo com as cultivares (COUEY, 1982). Além disso, os frutos em estádios de maturação mais avançados são mais resistentes ao aparecimento deste distúrbio (CHEN; PAULL, 1986).

A natureza delicada, vida pós-colheita curta e suscetibilidade à injúria por frio, uma vez que temperaturas inadequadas, durante o armazenamento e comercialização, podem acelerar a perda da qualidade dos frutos e as doenças limitam o potencial de comercialização da goiaba (SINGH; PAL, 2008; STEFFENS et al., 2008). Embora exista um grande número de variáveis que

podem afetar a severidade e a intensidade da injúria pelo frio, geralmente os sintomas são similares (ALMEIDA et al., 2005). O aparecimento dos danos causados pelo frio está relacionado também ao tempo de exposição dos produtos às baixas temperaturas. Casca com aspecto enrugado e dificuldade na perda da coloração verde com surgimento de áreas irregulares verde-pardas contrastando com as amareladas foram os sintomas apresentados pelos frutos de goiabeira 'Kumagai' armazenados sob temperaturas muito baixas, como 2 °C, aos 14 dias (JACOMINO et al., 2003).

Morris (1982) e Markhart III (1986) observaram sintomas de injúria por frio em frutas e hortaliças como lesões superficiais (manchas e áreas deprimidas), escurecimento interno, perda da capacidade de amadurecimento, aceleração da taxa de senescência e alteração de aroma e sabor. O escurecimento está provavelmente relacionado com a ação da enzima polifenoloxidase sobre compostos fenólicos, liberados do vacúolo por ocasião da ocorrência da injúria (WILLS et al., 1998).

Os sintomas de injúria por frio geralmente aparecem enquanto o fruto está armazenado em temperaturas inadequadas. Todavia, não é raro que surjam apenas após a transferência do produto para temperaturas mais elevadas (WHITAKER, 1994).

É comum observar que frutas e hortaliças com injúria por frio são mais facilmente atacadas por microrganismos fitopatogênicos, pois a desordem fisiológica causa a ruptura e conseqüente liberação de metabólitos como açúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos, que dão origem a um meio de cultura para o desenvolvimento de microrganismos (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

A gravidade da injúria por frio é diretamente proporcional à temperatura de armazenamento e ao tempo de exposição às condições inadequadas: quanto mais abaixo da temperatura crítica estiver armazenado o produto, mais

rapidamente irá surgir e mais grave será a injúria, bem como quanto maior o tempo de exposição, maior a gravidade da desordem (HOBSON, 1987).

Os fatores associados ao desenvolvimento da injúria por frio podem ser classificados em fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos são genótipo, condições de crescimento e idade e estágio de maturação. Os extrínsecos podem ser agrupados em temperatura, tempo de exposição às condições inadequadas, exposição contínua ou intermitente, umidade relativa e composição atmosférica (WANG, 1990).

### **3.14 Injúrias mecânicas**

Segundo Bordin (1998), desde o instante em que é colhido até o momento de ser preparado ou consumido, o produto hortícola é submetido a uma série de efeitos essencialmente mecânicos que, dependendo da sensibilidade do produto, poderá causar danos que comprometerão a qualidade final.

As injúrias mecânicas ocasionam danos irreparáveis em frutos. Os danos físicos causados aos tecidos modificam a sua atividade fisiológica promovendo aumento na atividade respiratória, produção de etileno e distúrbios relativos à compartimentação celular, o que torna os produtos mais perecíveis reduzindo a vida pós-colheita (LUENGO et al., 2003; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em adição aos típicos sintomas externos e internos, as injúrias mecânicas em frutos são geralmente acompanhadas por elevado número de respostas fisiológicas. Essas injúrias promovem frequentemente o rompimento das células da epiderme, causando o desenvolvimento de reações enzimáticas e, com isso, o surgimento de compostos de coloração marrom, responsáveis pela depreciação do produto (RADI; MAHROUZ; JAOUAD, 1997).

O aumento na respiração e na produção de etileno pelos tecidos ocorre minutos após o dano, promovendo reações químicas e bioquímicas responsáveis

pelas modificações da qualidade sensorial. Como o produto danificado amadurece mais rapidamente, torna-se mais suscetível ao ataque de microrganismos com redução da vida útil (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As injúrias mecânicas podem ser definidas como deformações plásticas, rupturas superficiais e, em casos mais extremos, destruição de tecidos vegetais. São provocadas por forças externas, causando modificações físicas (danos físicos) ou alterações fisiológicas, químicas e bioquímicas, que descaracterizam a coloração, o aroma, o sabor e a textura dos vegetais (SANCHES; DURIGAN; DURIGAN, 2008).

Estas podem ser agrupadas em injúrias por compressão, impacto ou corte. A injúria de impacto é geralmente provocada pela colisão do fruto contra superfícies sólidas ou outros frutos durante as etapas de colheita, manuseio e transporte. Danos externos são facilmente visualizados na superfície do produto, podendo resultar na ruptura da epiderme, na formação de lesões aquosas translúcidas e no amolecimento precoce do fruto. A injúria mecânica por compressão é causada pela imposição de uma pressão variável contra a superfície externa do fruto, quer seja por um fruto adjacente ou pela própria parede da embalagem em que se acondiciona o produto. A injúria por corte é geralmente atribuída à colisão da superfície do fruto contra uma muito menor que a primeira ocasionando a ruptura da epiderme, ou pela imposição de uma pressão sobre o fruto contra superfícies também desiguais, como as arestas de uma embalagem (MATTIUZ; BISCEGLI; DURIGAN, 2002).

De acordo com Moretti (1998), a ocorrência de impactos menos severos pode não causar sintomatologia externa prontamente observável, no entanto, o efeito acaba repercutindo a “posteriori”, produzindo uma injúria interna (“internal bruising”), efeito observado por Mattiuz, Biscegli e Durigan (2002) que constataram que a injúria por impacto não apresenta sintomas externos

prontamente visíveis, ou seja, o pericarpo externo dos frutos permanece intacto no momento da injúria e evolui para regiões lesionadas com o passar do tempo.

A susceptibilidade ao dano mecânico é influenciada por vários fatores, como espécie, cultivar, grau de hidratação celular, estágio de maturação, tamanho, peso, características epidérmicas e condição do ambiente (KAYS, 1991).

### **3.15 Termografia infravermelha**

A dinâmica da distribuição da temperatura na superfície das frutas dá informações importantes sobre a qualidade do produto. Durante o crescimento, armazenamento, colheita e distribuição, as frutas possuem constantes mudanças em sua temperatura, como resultado da interação com os fatores externos, dentre eles a radiação solar, a geada, o sombreamento por folhas, a refrigeração em locais de armazenamento, apresentando assim um impacto sobre a sua qualidade (FERGUSON; VOLZ; WOOLF; 1999; HARKER et al., 1999; WOOLF; FERGUSON, 2000).

A termografia infravermelha (TIR) bidimensional é uma técnica de diagnóstico sem contato, utilizada para medir a temperatura da superfície de materiais, que pode ser utilmente empregada na avaliação não destrutiva da qualidade (GIORLEO; MEOLA, 2002). O potencial desta técnica foi demonstrado pela primeira vez há 50 anos, no entanto, os estudos da termografia infravermelha foram limitados devido à baixa sensibilidade dos sistemas de TIR disponíveis (GOWEN et al., 2010).

A TIR quantifica as mudanças na temperatura da superfície com resolução temporal e espacial elevada em comparação com as medições de ponto único, como no caso de outros métodos de contato, sendo estes os termopares, termômetros, termistores e os detectores de temperatura resistentes.



Sistemas de TIR são adequados para uma ampla gama de aplicações, devido à sua portabilidade, ao processo operacional simples, à imagem em tempo real, aos ensaios não destrutivos e por não possuírem contato na medição da temperatura (GOWEN et al., 2010). Crescente demanda por coerência, objetividade e eficiência dentro da indústria de alimentos, exigiram a introdução de técnicas de processamento de imagens baseadas em computador (DU; SUN, 2004).

A TIR mede a radiação infravermelha emitida pela superfície do corpo (ARORA et al., 2008). A imagem térmica utiliza a radiação emitida para produzir uma pseudoimagem da distribuição térmica da superfície da fruta. Na termografia, um grande número de temperaturas de ponto são medidas ao longo de uma área e processadas para formar um mapa térmico ou termograma da superfície da fruta. Termografia com alta resolução espacial é uma poderosa ferramenta para análise e visualização de produtos com gradientes térmicos. A velocidade da aquisição da imagem abordada pode ser elevada, por exemplo, 50 a 60 imagens por segundo, o que a torna especialmente adequada para explorar as condições térmicas que mudam rapidamente (RAHKONEN; JOKELA, 2003).

O princípio básico da imagem térmica baseia-se no fato de que todos os materiais emitem radiação infravermelha. A infravermelha é uma banda de luz invisível para o ser humano, encontrada no espectro eletromagnético, na região de comprimento de onda de 0,75 a 100 milímetros; esta região compreende o infravermelho próximo (0,75 e 2,5 mm), ondas curtas (1,4 e 3 mm), infravermelho médio (3 e 8 mm), ondas longas (> 8 mm) e o infravermelho extremo (15 e 100 mm) (MEOLA; CARLOMAGNO, 2004). A intensidade da radiação emitida por um objeto é dependente da temperatura e da emissividade. Quanto maior a temperatura do corpo, maior é a intensidade da radiação infravermelha emitida pelo objeto. Emissividade, definida como a razão da energia emitida pelo objeto com a de um corpo negro à mesma temperatura, pode variar de 0 (corpo branco perfeito) a 1 (corpo negro perfeito). Em câmeras

de TIR a energia emitida a partir de um objeto é convertida em um sinal elétrico através de detectores de infravermelho (por exemplo, matrizes de plano focal, microbolômetros) na câmera e exibida como uma imagem térmica colorida ou monocromática (GOWEN et al., 2010).

Neste método, a temperatura da superfície de qualquer objeto pode ser mapeada em uma resolução elevada. Termografia é uma técnica passiva, que não requer qualquer fonte externa de iluminação. Outra vantagem desta técnica é a capacidade da penetração da radiação térmica através da fumaça e névoa. No entanto, muitos fatores tais como o sol, ventos, neblina e chuvas afetam o desempenho do método de imagem térmica, enquanto é medida a temperatura de objetos exteriores (DAVIS; LETTINGTON, 1988).

No processo de triagem das frutas, um problema importante é a maneira de detectar injúrias precoces de forma eficaz. A detecção de defeitos mecânicos em frutas é muito importante para o sistema de controle de qualidade. As injúrias são a causa da rejeição de um grande número de frutas nas linhas de triagem, contudo os atuais sistemas de classificação automáticos não são precisos na detecção de injúrias, sendo o método de escolha manual ainda muito utilizado para detectar este defeito (LEEMANS; MAGIN; DESTAIN, 2002; TAOUKIS; RICHARDSON, 2007; XING; JANCOSO; DE BAERDEMAEKER, 2007).

A injúria é definida como um dano no tecido das frutas, resultante de forças externas, que causam alterações físicas na textura e/ou mudanças químicas no aroma, cor e sabor (MOHSENIN, 1986). Sistemas de classificação existentes não são capazes de distinguir efetivamente frutas com injúrias que ocorreram em curto espaço de tempo antes da inspeção (XING; JANCOSO; DE BAERDEMAEKER, 2007). Devido às deficiências dos métodos existentes na detecção de injúria precoce de frutas, um interesse em métodos alternativos não-destrutivos de classificação é observado (BARANOWSKI; MAZUREK, 2009).

Investigações preliminares para detecção de injúria em frutas com o uso da termografia indicam que este método pode trazer novas possibilidades, desde que o processo de condução de calor na fruta seja identificado e o mecanismo de criação de calor entre o contraste das partes feridas e áreas sólidas na superfície da fruta seja entendido (HELLEBRAND et al., 2000; ROOS, 2003; VERAVERBEKE et al., 2006; WALCZAK; BARANOWSKI; MAZUREK, 2003).

De acordo com Varith et al. (2003), a temperatura da superfície da fruta ferida é diferente das áreas de tecidos íntegros. Isto pode ser explicado pelas diferenças das propriedades térmicas (difusividade térmica), causadas pela perda de água nas áreas machucadas.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nos laboratórios de Refrigeração de Alimentos, de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras – MG.

### 4.1 Goiabas

As goiabas (*Psidium guajava* L.) da cultivar Pedro Sato utilizadas no experimento foram obtidas no município de Lavras - Minas Gerais, colhidas no início da manhã, de forma manual, acondicionadas em caixas de polietileno previamente esterilizadas (Figura 1) e transportadas para o laboratório de Refrigeração de Alimentos. Foram selecionados frutos no estágio de maturação completo, correspondente à coloração da casca verde-mate (AZZOLINI et al., 2005), apresentando polpa firme e ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas.



Figura 1 Caixas plásticas para acondicionamento e transporte de goiabas

### 4.2 Procedimento

Os frutos colhidos e selecionados foram lavados em água corrente, pesados e imersos em solução de hipoclorito de sódio 0,01% à temperatura ambiente ( $\pm 25$  °C), por 5 minutos, para desinfecção. Foram realizados pré-

testes, com a finalidade de ajuste dos equipamentos e parâmetros a serem utilizados. As goiabas foram colocadas no centro da câmara de refrigeração em triplicata. Foi feito o resfriamento rápido por ar forçado e o armazenamento ocorreu com oscilação de temperatura entre 7 e 18 °C.

Foram realizados três experimentos com três diferentes temperaturas e um tempo de armazenamento. O primeiro experimento foi feito com ar estático em refrigerador com temperatura constante de 5 °C. O segundo experimento foi realizado em câmara de refrigeração com ar forçado à temperatura constante de 10 °C e o terceiro em ambiente climatizado à temperatura constante de 20 °C (Figura 2). As goiabas foram submetidas aos tratamentos controle e com indução de injúria e o tempo de armazenamento foi de 9 dias.

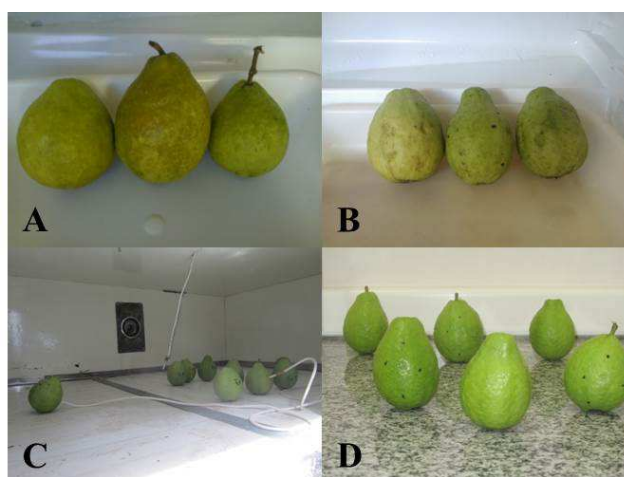


Figura 2 Goiabas controle armazenadas em refrigerador com ar estático à temperatura constante de 5 °C (A); goiabas com indução de injúria mecânica armazenadas em refrigerador com ar estático à temperatura constante de 5 °C (B); goiabas controle e com indução de injúria mecânica armazenadas em câmara de refrigeração com ar forçado à temperatura constante de 10 °C (C); e goiabas controle e com indução de injúria mecânica armazenadas em ambiente climatizado à temperatura constante de 20 °C (D)

### 4.3 Construção do equipamento

A câmara de refrigeração (Figura 3) foi construída usando aglomerado de madeira plastificado e o isolamento térmico foi feito com placas de poliestireno expandido com 10 cm de espessura. As placas foram coladas com frio asfalto que, além da função de aderir as placas também atua como barreira de vapor. O acabamento externo foi feito com manta de alumínio refletivo para diminuir os efeitos da transferência de calor por radiação.



Figura 3 Câmara de refrigeração

O equipamento para o resfriamento rápido e armazenamento das goiabas, no qual foi montado todo o sistema, possui dimensões 2,20 m de comprimento, 1,20 m de altura e 1,20 m de largura.

O sistema de refrigeração composto por uma unidade condensadora, válvula de expansão e evaporador com ar forçado, possui uma capacidade frigorífica em torno de 1000 kcal/h (Figura 4).

Além do evaporador com ar forçado, foi instalado um exaustor centrífugo acionado por um motor de 1HP com a finalidade de controlar a velocidade do ar no interior da câmara de resfriamento. Para isto um inversor de frequência (Vector inverter WEG – CFW500) foi usado para controlar a rotação do exaustor que varia de 0 a 1715 rpm.

A temperatura na câmara foi controlada usando um controlador de temperatura digital (Brasiterm – modelo BT 112 N220) montado sobre um painel de controle. Para a obtenção das imagens termográficas foi instalada na parte traseira da câmara uma janela de inspeção (FLIR – IRW 3C) de 3” (7,62 cm) de diâmetro que permite a passagem de raios infravermelhos.

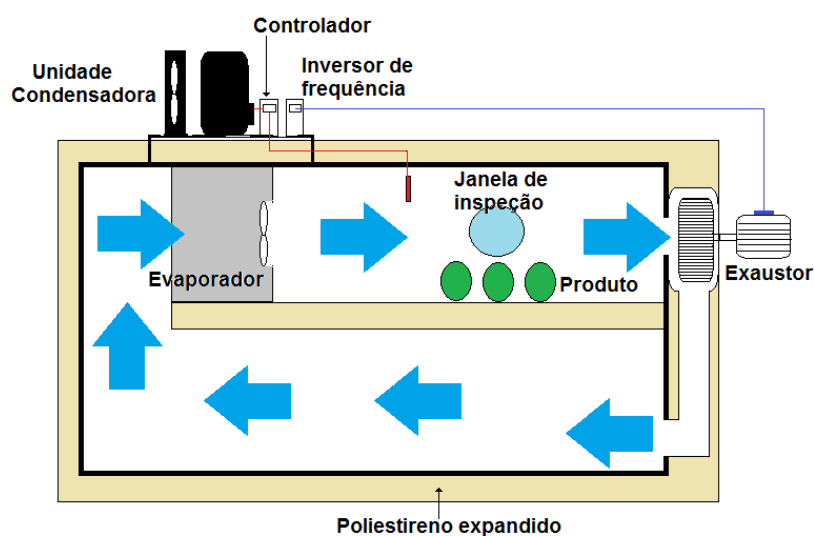


Figura 4 Sistema de refrigeração

#### 4.4 Injúria por impacto

Os danos foram provocados a partir de um impacto gerado por um pêndulo, composto de uma haste de 60 cm posicionada inicialmente a 45° em relação à posição da amostra e uma esfera localizada na extremidade do

pêndulo, conforme Figura 5. A esfera possui um peso de 180 g e raio de 1 cm e foi responsável pela realização do impacto em uma região de aproximadamente 4 cm<sup>2</sup> em cada amostra, sendo essa região demarcada. O conjunto haste e esfera, constituído de um peso total de 705 g, foi solto de sua posição inicial em queda livre gerando um impacto nas goiabas de aproximadamente 1,00J de energia. Este valor de energia se aproxima dos valores obtidos por Blahovec (2004) em experimentos utilizando o pêndulo como ferramenta para a produção do impacto gerador de injúrias em alimentos e por Costa (2011), que utilizou o pêndulo para a produção do impacto em batatas.



Figura 5 Pêndulo utilizado para produzir os impactos nas goiabas

#### **4.5 Medida das temperaturas do ar e do interior da goiaba**

As análises experimentais foram realizadas por meio da aquisição de dados da queda de temperatura em função do tempo, durante o resfriamento das goiabas. Para o monitoramento da temperatura durante todo o processo, foram



utilizados quatro termoresistores (RTD's) Pt100. Três sensores foram inseridos no centro geométrico da goiaba (Figura 6) e colocados em três diferentes locais no interior da câmara com comprimentos (coordenada X(m) = 1,00; 1,50; e 2,00) e largura (coordenada Z(m) = 0,60). O quarto sensor foi usado para medir a temperatura do ar no interior da câmara sendo posicionado no centro da mesma.

Os dados de queda da temperatura com o tempo foram registrados por meio de um sistema de condicionamento de sinais (National Instruments Mod. SCXI – Hungria), utilizando-se o *software* Lab View 8.5, com intervalos de 1 segundo entre cada registro.

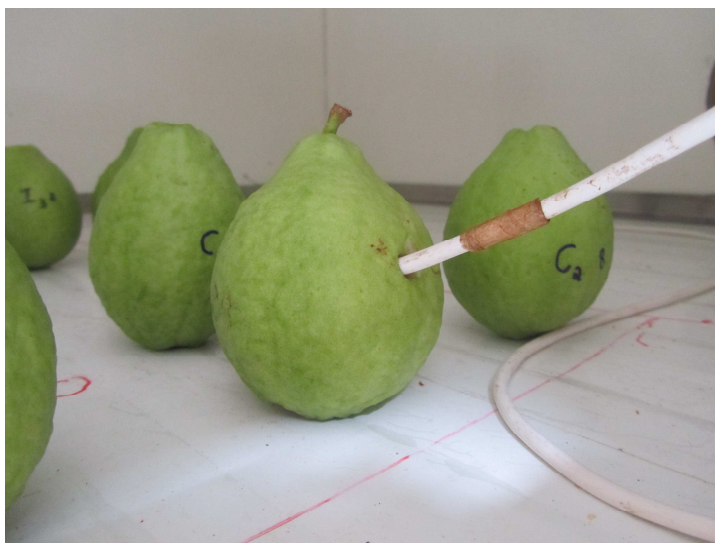


Figura 6 Colocação dos termopares no interior (centro) da goiaba

Os termoresistores (Pt100) foram calibrados em relação à temperatura medida usando banho termostático e termômetros de expansão volumétrica de mercúrio como padrão de referência. O banho foi ajustado às temperaturas de 0,

5, 10, 15, 20 e 25 °C e, para cada temperatura, foram correlacionados os valores

medidos pelo termômetro e os valores adquiridos através dos termoresistores. Equações lineares foram obtidas, as quais foram utilizadas no ajuste da temperatura. A relação entre as medições é apresentado no Gráfico 1.

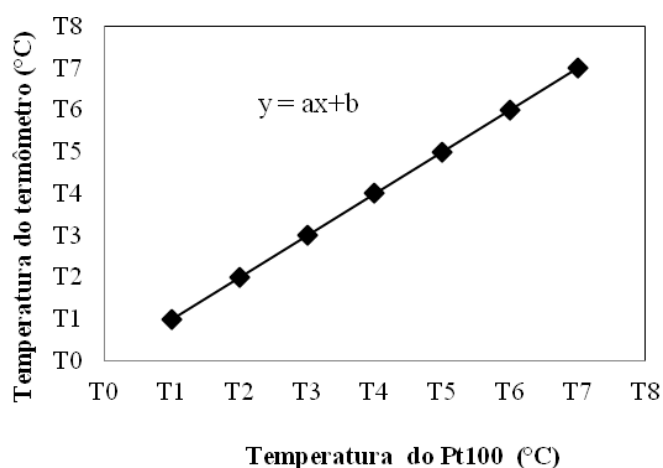


Gráfico 1 Perfil de temperatura para a calibração do termoresistor Pt100

#### 4.6 Medida da velocidade do ar

A velocidade do ar no interior da câmara de ar forçado foi determinada com um termoanemômetro digital de fio quente (TSI - VelociCalc - modelo 9535/9535-A) com escala de velocidade de 0,2 a 20 m/s. Este tipo de anemômetro possui uma haste telescópica de medição que permite grande flexibilidade para leituras em vários pontos de medições.

As medições foram realizadas nas alturas (coordenada Y(m) = 0,70; 0,85; e 1,00), comprimento (X(m) = 0,69) e larguras (coordenada Z(m) = 0,25; 0,50 e 0,75) na câmara de refrigeração nas direções horizontal e vertical de circulação do ar. A velocidade do motor controlada pelo inversor de frequência durante todo o experimento foi correspondente a 60Hz.

#### **4.7 Medida da umidade relativa**

A umidade relativa de 95% foi medida através do equipamento Termohigrômetro digital Hygrotherm max./min. TFA – Germany.

#### **4.8 Utilização da Termografia Infravermelha**

Estudos experimentais foram realizados usando uma câmera de imagem térmica infravermelha, Termovisor (FLIR – modelo ETO T420), com *software* para avaliação de imagem FLIR Tools. As imagens foram capturadas pelo termovisor durante todo o armazenamento, no ambiente climatizado, no refrigerador com ar estático e através da janela de inspeção na câmara de refrigeração com ar forçado e foram processadas usando o FLIR Tools, *software* específico fornecido pelo fabricante do equipamento. O monitoramento foi realizado de seis em seis horas. Os parâmetros para obtenção das imagens utilizados foram a emissividade de 0,95, a distância de 0,50 m, umidade relativa de 90% e a temperatura atmosférica de 25 °C.

#### **4.9 Metodologias analíticas**

As análises físicas e químicas foram realizadas nos laboratórios de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos no primeiro e último dia do experimento, sendo feitas em três repetições através dos seguintes métodos:

**a) Perda de massa:** foi obtida pela diferença da massa inicial e final dos frutos. O cálculo da perda de massa foi então realizado aplicando a equação (1) que relaciona a massa inicial com a massa final:

$$\text{Perda de Massa} = \left[ \frac{(M_{inicial} - M_{final})}{M_{inicial}} \right] \times 100 \quad (1)$$

O resultado foi expresso em porcentagem, com M = massa do fruto em gramas (SANINO, 2004).

**b) Firmeza:** Definiu-se o índice de firmeza dos frutos medindo-se a força máxima de compressão necessária para introdução de uma ponteira - “probes” cilíndricas de 5 mm a uma profundidade de 1,0 cm, com quatro repetições cujas perfurações foram feitas na região equatorial de cada fruto. As medidas foram feitas usando um penetrômetro (Instrutherm - modelo PTR300). Os resultados foram expressos em Newton (N).

**c) Taxa respiratória:** mediu-se a quantidade de CO<sub>2</sub> produzido pelos frutos, acondicionados durante 1 hora em vidros herméticos. Foi utilizado um analisador de gases, Check Point O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, PBI Dansensor. Os resultados foram expressos em CO<sub>2</sub>/kg/h.

**d) Coloração da casca:** foi determinada sobre a casca na região equatorial do fruto, com quatro repetições, utilizando-se um Colorímetro (Konica Minolta -

modelo CM 5), para leitura dos parâmetros  $L^*$  (claridade),  $a^*$  (intensidade de vermelho/verde),  $b^*$  (intensidade de amarelo/azul),  $c^*$  (cromaticidade) e  $h$  (Hue), fixadas as seguintes condições: com reflectância, inclui brilho e área  $\varphi$  30 mm. A coordenada  $L^*$  representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca); a coordenada  $a^*$  pode assumir valores de -80 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente; e a coordenada  $b^*$  corresponde à intensidade de azul ao amarelo, que pode variar de -50 (totalmente azul) a +70 (totalmente amarelo).

**e) pH:** foi determinado utilizando-se um pHmetro digital da marca TECNAL, modelo Tec-3MP. As medições foram feitas diretamente sobre as amostras homogeneizadas, conforme técnica descrita pelas normas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

**f) Sólidos solúveis (SS):** obtidos através da leitura direta em um refratômetro digital portátil da marca ATAGO, modelo PAL 1, com compensação de temperatura automática a 25 °C, sendo os resultados expressos em porcentagem, conforme recomendações feitas pela Association of Official Analytical Chemistry, AOAC (2002).

**g) Acidez titulável (AT):** foi obtida através de titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, utilizando um indicador (fenolftaleína) de ponto de viragem, segundo técnica da AOAC (2002). O cálculo utilizado é apresentado na Equação (2) e o resultado expresso em % de ácido cítrico, segundo normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{VG_{NaOH} \times Fc \times N_{NaOH} \times \left(\frac{PM}{H^+}\right)}{\text{Tomada de ensaio (mL ou mg)}} \times 100 \quad (2)$$

Com VG NAOH = Volume gasto de NaOH (mL), Fc = fator de correção, N NAOH = normalidade NaOH, (PM/H<sup>+</sup>) = peso molecular/hidrogênio ionizável.

**h) Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT):** foi obtida dividindo-se os valores determinados para sólidos solúveis pela acidez titulável.

**i) Vitamina C:** O teor de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido deidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4-dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

**j) Pectina total e solúvel:** extraídas segundo a técnica padronizada por McCready e McComb (1952) e os teores determinados colorimetricamente, segundo Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em g de ácido galacturônico / 100 g de polpa. A porcentagem de solubilidade foi obtida pela porcentagem de pectina solúvel em relação à pectina total.

**k) Açúcares totais:** extraídos com álcool etílico 70% e determinados pelo método da antrona (DISCHE, 1962). Os resultados foram expressos em gramas de glicose por 100 g de polpa.

**l) Pectinametilsterase (PME):** a extração da enzima PME foi realizada segundo Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996). O doseamento segundo Hultin, Sun e Bulger (1966),

com modificações de Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996). Uma unidade da atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1  $\eta\text{mol}$  de  $\text{NaOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$  de polpa, sob condições de ensaio.

**m) Poligalacturonase (PG):** a extração da enzima PG foi realizada conforme a técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996). O doseamento foi realizado segundo Markovic, Heinrichová e Lenkey (1975), com modificações de Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996). A atividade foi expressa em  $\eta\text{mol}$  de ácido galacturônico  $\text{min}^{-1}\text{g}^{-1}$  de polpa.

#### 4.10 Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto em esquema fatorial 2 x 3, com 3 repetições. O primeiro fator corresponde aos tratamentos (controle e indução de injúrias por impacto) e o segundo, às temperaturas de armazenamento da goiaba

(5, 10 e 20 °C). Os parâmetros físicos e químicos analisados foram perda de

massa, firmeza, taxa respiratória, coloração, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, pectina total e solúvel, açúcares totais, PME e PG. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do programa Sisvar (FERREIRA, 2000). As médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Velocidade do ar

A velocidade do ar, avaliada em anemômetro, referente às diferentes alturas e larguras da câmara de refrigeração nas direções horizontal e vertical do ar está demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 Velocidade do ar (m/s) referente às diferentes alturas e larguras da câmara de refrigeração, nas direções horizontal e vertical

Largura (m)	Altura (m)					
	Direção Horizontal			Direção Vertical		
	0,70	0,85	1,00	0,70	0,85	1,00
0,25	0,80	0,52	1,51	0,68	0,43	0,63
0,50	0,68	0,49	1,80	0,48	0,41	0,79
0,75	0,30	0,37	1,70	0,41	0,58	0,66



## 5.2 Dinâmica de resfriamento

Nos Gráficos 2 e 3, apresenta-se a dinâmica de resfriamento da goiaba armazenada à temperatura de 10 °C que foi considerada a temperatura ótima de armazenamento desses frutos e a do pré-teste, realizado com a finalidade de ajuste dos equipamentos, respectivamente, durante nove dias.

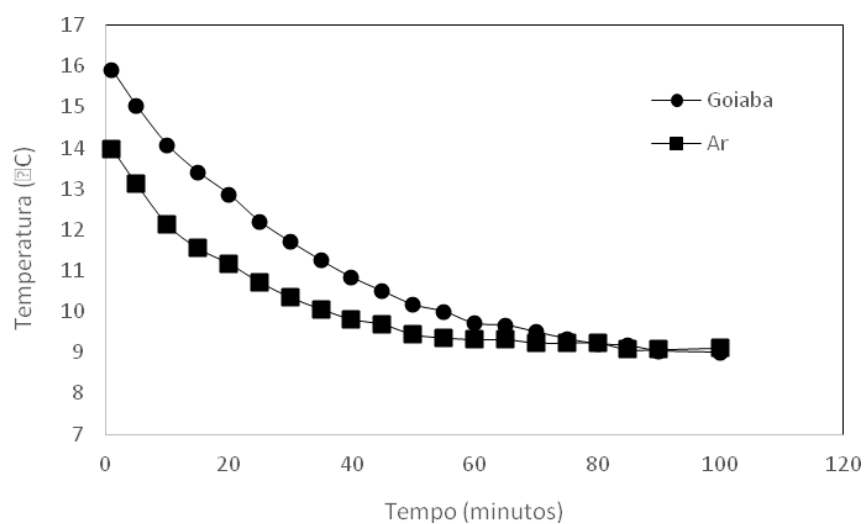


Gráfico 2 Dinâmica de resfriamento da goiaba armazenada à 10 °C

Pode-se observar no Gráfico 2 que a temperatura média dos frutos apresenta uma queda rápida no início do resfriamento rápido decorrente da remoção de calor sensível e lenta quando está próxima da estabilização na temperatura final. O mesmo comportamento da curva foi encontrado por Siqueira et al. (2008) no resfriamento rápido com ar forçado em goiaba.

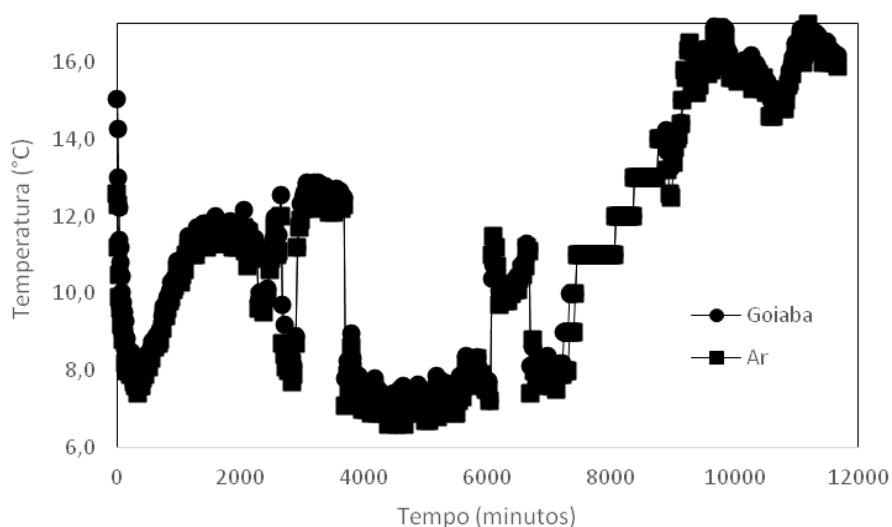


Gráfico 3 Dinâmica de resfriamento da goiaba armazenada à diferentes temperaturas (oscilação) durante nove dias de armazenamento – pré-teste

De acordo com o Gráfico 3, a temperatura de armazenamento das goiabas na câmara com ar forçado, variou de 7 a 18 °C, sendo que a temperatura das goiabas ficou bem próxima à temperatura da câmara.

### 5.3 Análise da temperatura superficial por termografia IR

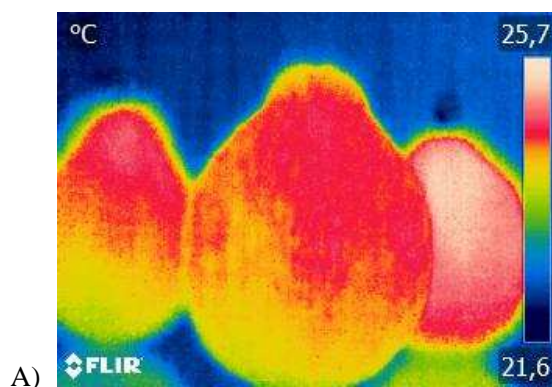
As Figuras 7, 8, 9 e 10 apresentam os termogramas gerados pela técnica da termografia infravermelha para as goiabas com e sem injúria armazenadas em diferentes temperaturas nos tempos de 1, 5 e 9 dias de armazenamento. As

goiabas armazenadas à temperatura de 10 °C apresentaram um comportamento

mais estável ao longo do período de análise, enquanto que as goiabas à

temperatura de 5 °C sofreram injúria pelo frio e à 20 °C ocorreram alterações no

padrão de atividade, acarretando uma perda característica de qualidade, nas duas últimas temperaturas.



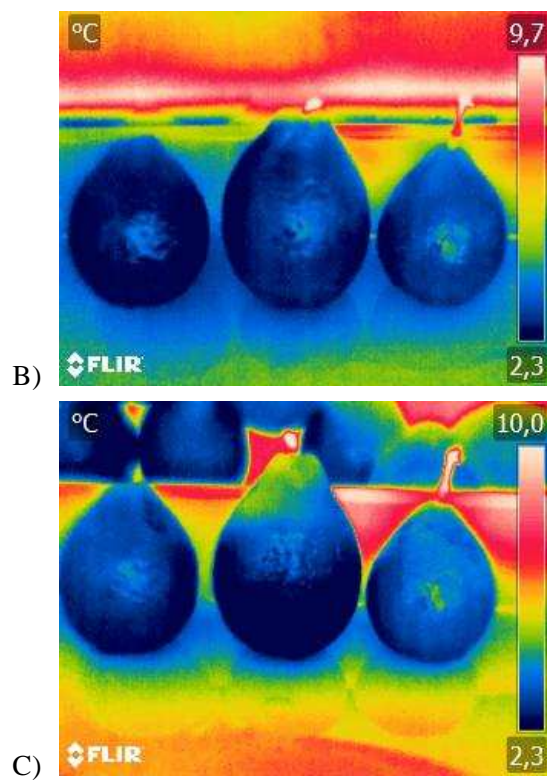


Figura 7 Termogramas gerados pelo termovisor infravermelho para as goiabas sem indução de injúria mecânica armazenadas na temperatura de 5 °C nos tempos de 1 (A), 5 (B) e 9 (C) dias de armazenamento

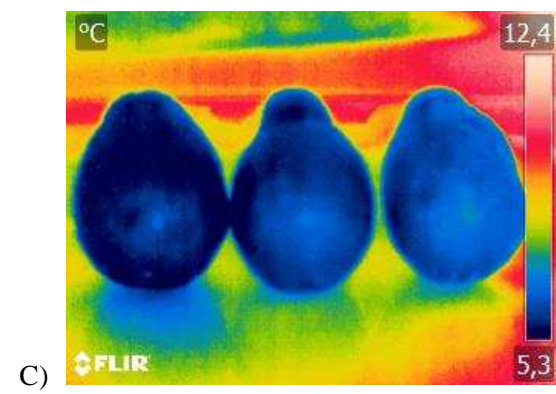
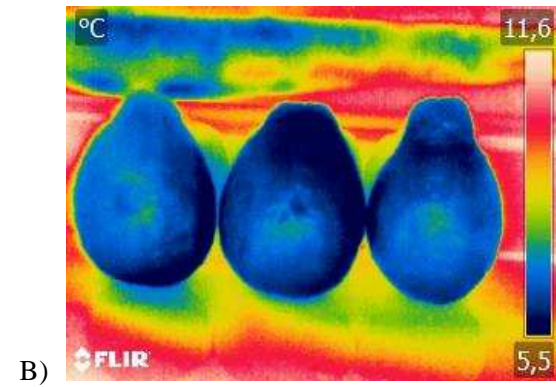
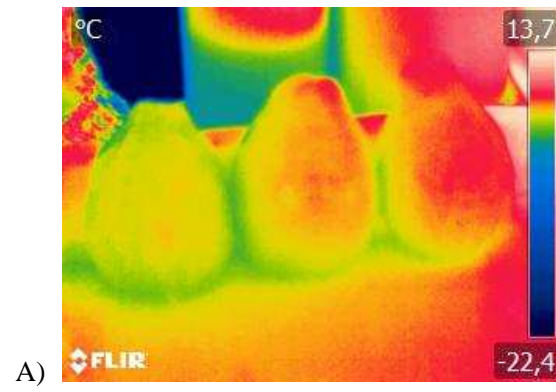
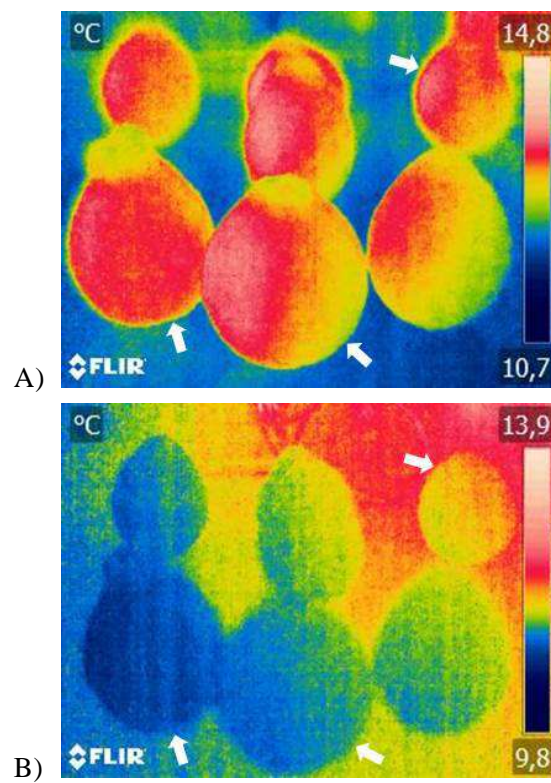


Figura 8 Termogramas gerados pelo termovisor infravermelho para as goiabas com indução de injúria mecânica armazenadas na temperatura de 5 °C nos tempos de 1 (A), 5 (B) e 9 (C) dias de armazenamento



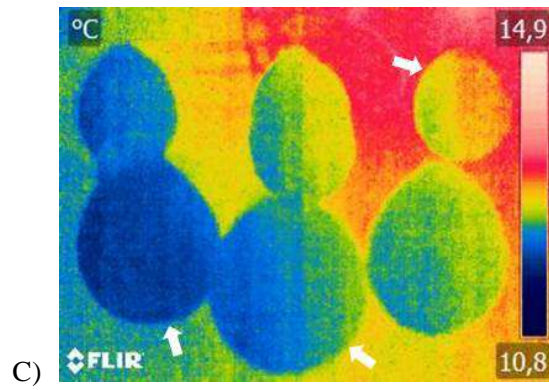
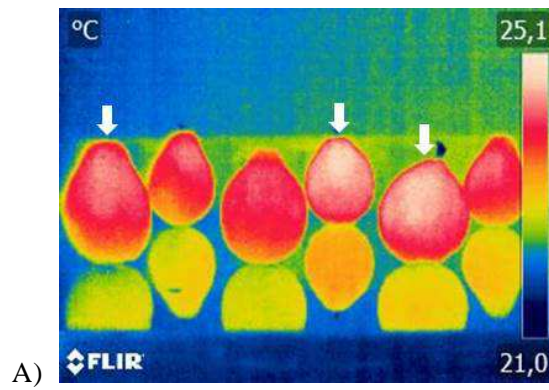


Figura 9 Termogramas gerados pelo termovisor infravermelho para as goiabas com injúria mecânica (demarcadas) e sem indução de injúria mecânica armazenadas na temperatura de 10 °C nos tempos de 1 (A), 5 (B) e 9 (C) dias de armazenamento



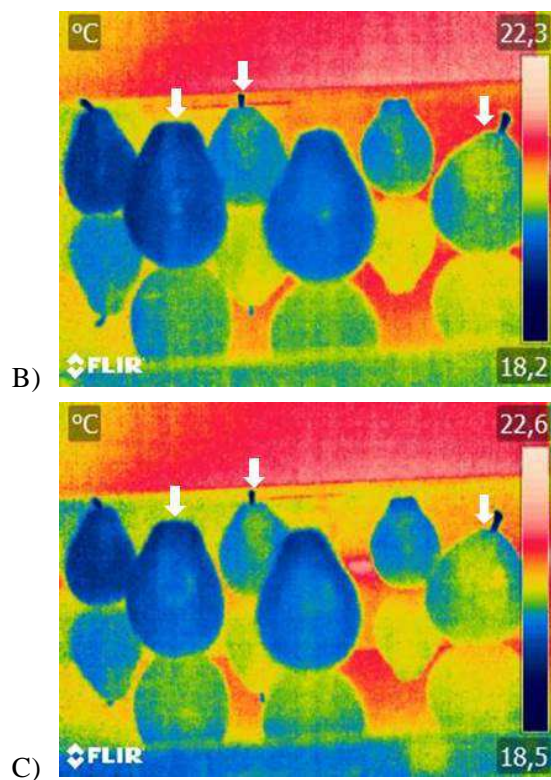


Figura 10 Termogramas gerados pelo termovisor infravermelho para as goiabas com injúria mecânica (demarcadas) e sem indução de injúria mecânica

armazenadas na temperatura de 20 °C nos tempos de 1 (A), 5 (B) e 9

(C) dias de armazenamento

Observa-se nas Figuras 7, 8, 9 e 10 que através da termografia foi possível distinguir os tecidos injuriados dos não afetados nas temperaturas de 5 e

20 °C, no entanto não foi possível distinguir injúrias profundas e rasas nas



goiabas. A diferença de temperatura encontrada entre os tecidos intactos e injuriados mecanicamente e pelo frio foi de 0,5 a 3,0 °C, próxima à observada por Baranowski e Mazurek (2009), em que as mudanças de temperatura na superfície da fruta para todas as variedades estudadas entre as partes machucadas e intactas foram na faixa de 0,5 - 1,5 °C.

Devido à termografia ser um método de medição superficial da temperatura de material vegetal, não é possível a medição no fundo das cavidades nos poros das goiabas, porém as variações de temperatura entre a superfície dos tecidos intacto e injuriado podem ser quantificadas e essa diferença de temperatura é correlacionada às injúrias.

De acordo com a Figura 11, pode-se observar a imagem termográfica obtida de goiabas com incidência de injúria pelo frio quando armazenadas com

temperatura de refrigeração de 5 °C (Figura 11A), e a imagem obtida com

câmera digital em que a injúria pelo frio é visualmente delimitada (Figura 11B).

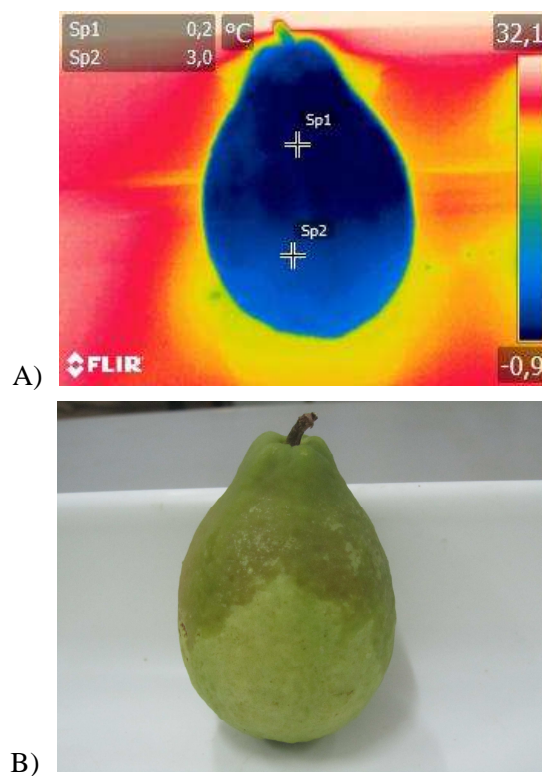


Figura 11 Variação da temperatura entre os tecidos injuriado pelo frio e intacto. Imagens térmica (infravermelha) (A) e digital (B) da goiaba

armazenada a 5 °C

Mostra-se pelas Figuras 12A e 12B imagens termográfica e digital, respectivamente, de goiabas submetidas à indução de injúria mecânica e

armazenadas a 20 °C.

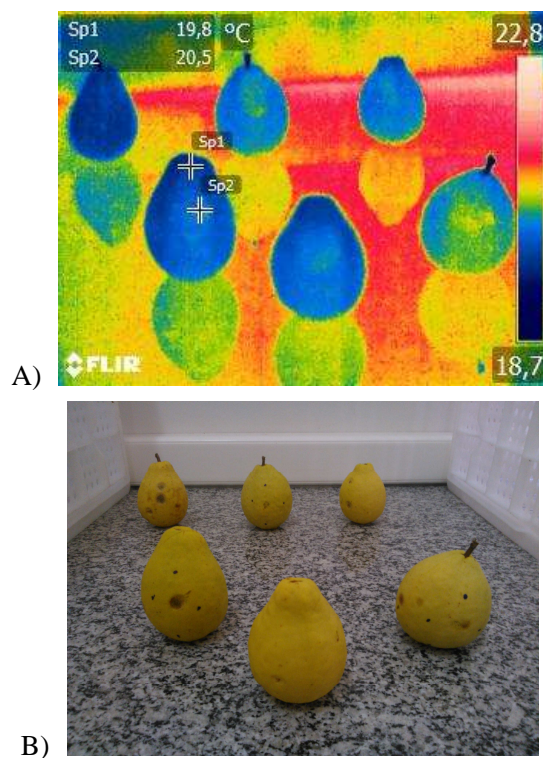


Figura 12 Variação da temperatura entre os tecidos injuriado mecanicamente e intacto. Imagens térmica (infravermelha) (A) e digital (B) das goiabas

armazenadas na temperatura de 20 °C

De acordo com as Figuras 11 e 12, a termografia infravermelha tem potencial aplicação na avaliação e monitoração da qualidade e perfil de segurança das goiabas, visto que detecta o aparecimento de injúrias tanto mecânica quanto pelo frio e a senescência dos frutos. Segundo Hobson (1987), quanto menor a temperatura e maior o tempo de armazenamento, maior será a

incidência de injúrias pelo frio, o que acarreta a perda de qualidade e redução da vida útil das goiabas.

Pode-se observar na Figura 11 a injúria pelo frio através da termografia infravermelha. A variação de temperatura dos tecidos intactos e injuriados pelo frio é avaliada pelo gradiente de coloração. A injúria se encontra a uma menor temperatura, possivelmente devido ao rompimento das células e extravasamento do líquido celular. A água se encontra mais disponível e tem potencial atividade de condução de calor, que segundo ASHRAE (2002) dentre os constituintes do alimento, a água é o componente que possui a maior condutividade e difusividade térmica, contribuindo assim para um abaixamento da temperatura

mais rápido na goiaba armazenada a 5 °C. Nas goiabas armazenadas a 20 °C, o

tecido injuriado mecanicamente apresentou uma temperatura maior que o tecido

intacto (Figura 12), enquanto que na temperatura de 10 °C não houve alteração

significativa entre os tecidos injuriados mecanicamente e intactos. Varith et al. (2003) encontraram resultado similar ao empregar a termografia para detectar injúrias em maçãs e verificaram diferenças na resposta de temperatura entre os tecidos machucados e intactos, atribuídas a diferenças de propriedades térmicas. Tecidos danificados se encontraram em menor temperatura que o intacto em baixas temperaturas, e maior em elevadas temperaturas. Concluíram que a

detecção das contusões deveu-se principalmente à variação da difusividade térmica.

Vale ressaltar outras pesquisas realizadas na área de alimentos com a utilização da termografia infravermelha, como o trabalho desenvolvido por Fito (2004), que controlou a secagem da superfície de citros por análise das imagens termográficas, visando melhorar tanto o consumo de calor quanto a qualidade da fruta. Baranowski e Mazurek (2009) detectou distúrbios fisiológicos e defeitos mecânicos em maçãs utilizando a termografia IR. Gan-Mor (2011) utilizou imagem térmica para o desenvolvimento preciso da tecnologia de desinfecção pós-colheita a vapor para as cenouras. Vadivambal et al. (2007) empregaram imagem térmica para determinar os pontos quentes e frios durante o aquecimento por micro-ondas de centeio e aveia e Veraverbeke et al. (2006) avaliaram a qualidade superficial de maçãs com utilização de cera pela termografia.

#### **5.4 Análises físicas e químicas**

Para confirmar os resultados visualizados nas análises termográficas foram realizadas análises físico-químicas para comparar os parâmetros de qualidade usados na pós-colheita de goiabas armazenadas nas diferentes temperaturas.

##### **5.4.1 Avaliação da perda de massa**

A perda de massa é um dos principais problemas durante o armazenamento de vegetais devido ao processo de transpiração, causando o amolecimento de tecidos, tornando os frutos mais susceptíveis à deterioração (AZOLLINI et al., 2005) e deve ser estudada em conjunto com outras

características para a avaliação do processo de amadurecimento. Valores médios da análise de perda de massa são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Valores médios, em porcentagem, da análise de perda de massa em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos

Parâmetro	T (°C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Perda de Massa	5	5,16 Aa	4,46 aA		
	10	3,19 aA	3,75 aA	20,68	0,98
	20	18,00 bB	14,68 aB		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

De acordo com a Tabela 2, foi possível observar uma perda de massa das goiabas, crescente, ao longo do período de armazenamento, apresentando

um aumento significativo mais intenso na temperatura de 20 °C, que chegou ao

final dos nove dias de armazenamento com 18,00% a menos de massa em referência ao início dos trabalhos. As goiabas utilizadas no pré-teste apresentaram valor médio de perda de massa igual a 6,49%. Mendonça et al. (2007) ao avaliarem o efeito do tempo de armazenamento na perda de água em goiabas ‘Cortibel 1’ e ‘Cortibel 4’, observaram uma perda de aproximadamente 11,0 % no oitavo dia sob temperatura de 24,1 °C e umidade relativa de 74,1%. Ribeiro et al. (2005) armazenaram goiabas “Paluma” sob refrigeração e em condição ambiente e verificaram que as frutas armazenadas sob refrigeração perderam menos massa do que em condição ambiente, devido, principalmente,

às menores temperaturas e maiores umidades relativas da câmara refrigerada. Os autores encontraram valores abaixo de 5% em até 12 dias sob refrigeração, enquanto que em condição ambiente, as perdas ficaram dentro do limite de 15%, valores similares aos encontrados no presente trabalho.

Segundo Javanmardi e Kubota (2006), a perda de massa dos frutos armazenados à temperatura de 25 °C foi maior que a dos frutos armazenados a 15 °C, fato este esperado, uma vez que a duração e a temperatura de armazenamento têm efeitos significativos na perda de massa. Esse fato está ligado às diferentes taxas de transpiração do produto em diferentes temperaturas.

#### **5.4.2 Avaliação do teor de vitamina C**

A evolução do teor de ácido ascórbico (AA) na polpa das goiabas pode ser observada na Tabela 3. O teor de vitamina C dos frutos no primeiro dia de armazenamento (tempo zero) foi igual a 87,46 mg/100 g. Nas temperaturas de

10 e 20 °C, houve um aumento significativo durante o armazenamento,

enquanto na temperatura de 5 °C houve um pequeno decréscimo no controle e

pouca alteração nas goiabas com injúria.

Tabela 3 Valores médios, em  $\text{mg}100^{-1}\text{g}$ , da análise de vitamina C, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Vitamina C	5	82,67 aA	90,33 aA		
	10	104,67 aB	106,67 aB	5,07	2,95
	20	112,00 aB	110,00 aB		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Segundo Azzolini et al. (2005), os teores de AA em goiabas tendem a aumentar durante o amadurecimento, podendo decair com a senescência. Durante o amadurecimento, o aumento no teor de ácido ascórbico em goiabas pode estar associado à síntese de intermediários metabólicos, como por exemplo, a degradação de polissacarídeos da parede celular, possivelmente, resultando em aumento da galactose que é um dos precursores do AA (MERCADO-SILVA, 1998 citado por RIBEIRO et al., 2005). Já na senescência, ocorre uma queda nos teores de AA devido à oxidação destes compostos como substrato para respiração. De acordo com Manica et al. (2000), as goiabas possuem significativa quantidade de ácido ascórbico e mantidas sob refrigeração, estiveram menos sujeitas a esses processos.

Em geral, os valores médios do teor de ácido ascórbico encontrados estão próximos ao obtidos por Yamashita e Benassi (1999) no início do armazenamento, que foram da ordem de  $88,60 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ . Estes autores consideram a goiaba como uma boa fonte de vitamina C e uma boa característica para acompanhar a longevidade deste fruto.

Observaram-se diferenças significativas entre as temperaturas testadas quanto à concentração final de ácido ascórbico. Os frutos armazenados à



temperatura de 5 °C foram os que apresentaram os menores teores de ácido

ascórbico no último dia de armazenamento. No pré-teste realizado, houve também uma diminuição nos teores de AA durante o armazenamento de 109,24 para 75,83 mg/100g. Pela Tabela 3, verifica-se que os valores diminuíram no sentido das frutas armazenadas sob condição ambiente para as armazenadas em refrigeração, valores encontrados também por Ribeiro et al. (2005).

Os valores detectados nos frutos injuriados, ao longo do período, foram próximos ao controle, ou seja, não houve diferença significativa entre os tratamentos controle e com indução de injúria mecânica. Provavelmente, os sistemas protetores antioxidantes associados ao ácido ascórbico não foram danificados pela injúria mecânica (BURTON, 1982).

#### **5.4.3 Avaliação dos teores de açúcares totais e sólidos solúveis**

Na Tabela 4 são mostrados os dados referentes ao efeito das injúrias mecânicas e controle sobre o conteúdo de açúcares totais, os quais, a exceção

dos frutos submetidos à injúria nas temperaturas de 5 e 20 °C, apresentaram

aumentos no nono dia de armazenamento, sendo o valor inicial de açúcares totais 5,68 g100<sup>-1</sup>g.

Tabela 4 Valores médios, em  $\text{g}100^{-1}\text{g}$ , de açúcares totais, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (°C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Açúcares Totais	5	5,95 aA	5,21 aA		
	10	6,10 aA	6,62 aB	6,99	0,24
	20	6,76 bA	5,33 aA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Houve diferença significativa entre o controle e as goiabas com injúria

mecânica por impacto apenas na temperatura de 20 °C, apresentando o controle

um teor maior de açúcares totais. Possivelmente, o aumento do teor de açúcares totais se deve à maior perda de massa, aumentando, dessa forma, a concentração de sólidos solúveis totais nas frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005), constatação também feita por Jacomino et al. (2003).

As goiabas com injúria a 5 e 20 °C, assim como o pré-teste com teores

variando de 6,95 - 6,72 g/100g, apresentaram teores menores de açúcares no final do armazenamento, pois, provavelmente, esses frutos utilizaram essas macromoléculas como substrato para manutenção do metabolismo respiratório, que por sua vez, apresentavam indícios da senescência nesse período. Sharaf e El-Saadany (1986) também observaram redução nos teores de açúcares em goiabas durante a evolução do estágio de maturação verde maduro a completamente maduro.

O teor de sólidos solúveis (SS) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, apesar de estarem incluídas nesta medida outras substâncias que se encontram dissolvidas no suco celular (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, etc.) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Normalmente, os teores de açúcares aumentam com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos, quando há conversão de amido em açúcares solúveis. Outro fator que contribui para o aumento no teor dos SS ao longo do amadurecimento é a perda de massa fresca, o que faz com que os sólidos fiquem mais concentrados no suco. Os valores médios da análise de sólidos solúveis estão demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 Valores médios, em porcentagem, da análise de sólidos solúveis (SS), em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (°C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Sólidos	5	10,00 bA	8,77 aA	6,50	0,35

<b>Solúveis</b>	10	9,57 aA	9,53 aA
	20	10,00 bA	8,33 aA

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

Não houve diferenças significativas nos teores de SS entre as temperaturas avaliadas ao longo dos dias, sendo o teor de SS no início do armazenamento de 9,5%. O teor de SS na polpa do fruto pode diminuir após um período prolongado de armazenamento, caso o consumo de açúcares como substrato no processo respiratório seja superior aos processos de degradação de polissacarídeos.

A goiaba é um fruto com baixos teores de amido e, por conseguinte, espera-se que não haja grandes alterações no teor de SS ao longo do amadurecimento do fruto. Por este fato, o teor de SS não é um índice de maturação adequado para goiabas (MERCADO-SILVA et al., 1998 citado por AZZOLINI et al., 2005). Embora uma diminuição no teor de SS não seja um resultado normalmente encontrado, existem outros trabalhos que relatam esta resposta em goiabas. Yamashita e Benassi (1999) ao estudarem o uso de filmes plásticos e a aplicação de cálcio em goiabas 'Pedro Sato', observaram uma pequena redução no teor de SS de todas as goiabas em função do tempo de armazenamento. Grigio et al. (2011) ao avaliarem o efeito de modificação da atmosfera na redução de danos mecânicos em goiabas 'Paluma', observaram uma queda no teor de SS de goiabas submetidas a injúrias (queda e compressão) a partir da primeira avaliação quando os frutos estavam com 10 dias de armazenamento. Esses autores justificam os resultados afirmando que os frutos já utilizavam as macromoléculas como substrato para manter o metabolismo respiratório além de apresentarem indícios de senescência.

Os teores de sólidos solúveis, no controle nas três temperaturas avaliadas e na goiaba com indução de injúrias a 10 °C, aumentaram no decorrer

do armazenamento. Valores semelhantes foram encontrados por Mendonça et al. (2007) ao avaliarem goiabas 'Cortibel 1' (de polpa vermelha) e 'Cortibel 4' (de polpa branca). Outros autores relatam esta tendência para o aumento no teor de SS ao longo do amadurecimento de goiabas (JACOMINO et al., 2003; CAVALINI, 2004; PEREIRA et al., 2005). Lima, Assis e Gonzaga Neto (2002) encontraram para diferentes cultivares de goiabeira teor de sólidos solúveis variando de 7,2 a 10,9 °Brix. Aumento na porcentagem de SS também foi verificado no pré-teste, variando de 10,20 para 10,57%.

Houve diferença significativa entre o controle e as goiabas com indução de injúria nas temperaturas de 5 e 20 °C. Observa-se que nos frutos injuriados

houve uma tendência a valores menores de SS que nos frutos controle, independentemente da temperatura aplicada, o que leva frutos submetidos a este tipo de injúria a uma maior perda na qualidade.

#### **5.4.4 Avaliação do pH e acidez titulável**

De modo geral, os valores de pH tendem a aumentar com o amadurecimento da fruta, o qual é influenciado por uma queda da acidez titulável (DÚSSAN-SARRIA, 2003). Pode-se observar na da Tabela 6, os valores médios da análise de pH encontrados durante o período de análise.

Tabela 6 Valores médios da análise de pH, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (°C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
pH	5	4,15 aA	4,11 aA	3,30	0,078
	10	4,08 aA	4,11 aA		
	20	4,12 aA	4,25 aA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fakhouri; Grosso (2003), ao avaliar goiabas 'Kumagai', encontraram nos dias de avaliação nos frutos controle os menores e maiores valores de pH iguais a 3,84 e 4,17, respectivamente. Ao analisar os valores encontrados neste trabalho, observa-se variações semelhantes. Os frutos apresentaram um valor inicial de pH 3,78 e, de acordo com a Tabela 6, houve uma tendência ao aumento do pH durante os nove dias de armazenamento. No pré-teste o pH variou de 4,15-4,35.

Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre o controle e goiabas com indução de injúria e as temperaturas. A pequena variação de pH, foi devido possivelmente à não alteração nos ácidos ou ocorreu em função da capacidade tampão de alguns sucos, pois a presença simultânea de ácidos orgânicos e seus sais impede que o acréscimo na acidez titulável altere de forma relevante os valores de pH (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Assim

como neste estudo, nos trabalhos de Oliveira e Cereda (1999) e Carvalho et al. (2001), não foram identificadas diferenças significativas de pH entre os tratamentos e as faixas de variação observadas variaram respectivamente entre 3,96 – 4,29 e 3,76 – 3,90.

Ao comparar as médias de acidez titulável (AT) dos frutos submetidos a diferentes tratamentos foi observado que estas não apresentaram diferença significativa (Tabela 7). Segundo Choudhury et al. (2001), a acidez em goiabas deve-se principalmente aos ácidos cítrico, málico e tartárico, sendo os valores de AT geralmente compreendidos entre 0,2% a 1,0%.

Tabela 7 Valores médios, em porcentagem, da análise de acidez titulável (AT), em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (°C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Acidez Titulável	5	0,51 aA	0,77 aA	24,11	0,09
	10	0,60 aA	0,64 aA		
	20	0,68 aA	0,64 aA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

A acidez titulável das frutas no tempo zero foi de 0,64%, e, de acordo com a Tabela 7, seus valores mantiveram-se estáveis durante os nove dias de armazenamento.

Jacomino et al. (2003) e Mercado-Silva, Bautista e Garcia-Velasco (1998), igualmente, observaram redução da acidez dos frutos. Após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos usualmente declina em decorrência da utilização destes compostos como substrato na respiração, entretanto, essa alteração varia com o fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Mendonça et al. (2007) observaram um aumento linear na porcentagem de acidez de goiabas ‘Cortibel 1’ e ‘Cortibel 4’ durante os 16 dias de armazenamento, com valores passando de 0,51% para 0,95% de ácido cítrico. Resultado semelhante foi observado por outros autores que avaliaram AT em goiabas (JACOMINO et al., 2003; PEREIRA et al., 2005). O aumento da acidez durante o amadurecimento pode ser atribuído à formação de ácidos orgânicos provenientes da degradação da parede celular (PEREIRA et al., 2005). Com a quebra da estrutura do polímero péctico pela ação das enzimas PME e PG, há a liberação dos ácidos galacturônicos solúveis em água e, conseqüentemente, o aumento da acidez.

#### 5.4.5 Avaliação dos SS/AT

O *ratio* é um dos indicativos utilizados para a avaliação do sabor de um fruto, sendo mais representativo que a medição isolada do teor de SS ou da AT, pois dá uma boa ideia do equilíbrio entre esses dois componentes (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os valores médios da análise de sólidos solúveis/acidez titulável podem ser observados na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 Valores médios, em porcentagem, da análise de sólidos solúveis/acidez titulável, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T	Goiaba		CV	Erro
	(°C)	Controle*	Com Injúria*	(%)	Padrão



	5	19,61 bA	12,72 aA		
<b>SS/AT</b>	10	16,27 aA	15,53 aA	19,56	1,73
	20	14,74 aA	13,02 aA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Em geral, a tendência do *ratio* é aumentar com o amadurecimento, em função do aumento no teor de SS e da diminuição na AT, devido à degradação dos polissacarídeos e à oxidação dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarboxílicos na respiração, respectivamente. O *ratio* inicial foi de 14,84%, e, no pré-teste realizado, houve um acréscimo de 20,00% no primeiro dia de armazenamento para 20,72% no último. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, exceto entre o controle e goiabas com indução de injúria por impacto

armazenadas na temperatura de 5 °C. O *ratio* no controle foi de 19,61%,

enquanto no tratamento com injúria foi de 12,72%. Essa diminuição do *ratio* durante o armazenamento ocorreu principalmente devido à diminuição do teor de SS, resultado encontrado também por Siqueira (2012), que avaliou uma diminuição do *ratio* durante o armazenamento, testando a cobertura com quitosana em goiabas.

Cavalini (2004) ao avaliar goiabas ‘Paluma’ e ‘Kumagai’ em sete estádios de maturação diferentes observou que o *ratio* em ‘Kumagai’ manteve valores semelhantes com o avanço da maturação, enquanto em ‘Paluma’ houve um aumento no *ratio* principalmente por influência da diminuição da acidez. Azzolini et al. (2005) ao avaliarem goiabas ‘Pedro Sato’ colhidas em três estádios de maturação, também observaram aumento do *ratio* quanto mais

avançada a maturação, influenciado tanto pelo aumento do TSS quanto pela diminuição da AT.

#### 5.4.6 Avaliação da firmeza

Além da importância do ponto de vista econômico, já que afeta a qualidade do fruto, a firmeza tem efeito na resistência ao transporte, na conservação e no ataque de microrganismos (AWAD, 1993). Valores médios da análise de firmeza seguem na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 Valores médios, em Newton (N), da análise de firmeza, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (°C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Firmeza	5	34,51 aB	45,00 aB	20,10	3,50
	10	37,78 aB	42,35 aB		
	20	10,13 aA	10,95 aA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

De um modo geral, os frutos apresentaram uma queda na firmeza da polpa ao longo dos nove dias de armazenamento, visto que a firmeza das goiabas no primeiro dia (tempo zero) foi de 49,28 N, sendo esta queda mais acentuada na

temperatura de 20 °C, o que resultou em menor resistência a esse tipo de

temperatura. Não houve diferença significativa entre os tratamentos controle e

com indução de injúria. A firmeza nas goiabas do pré-teste realizado diminuiu de 29,40 N para 16,04 N. Prado, Natale e Silva (2005), estudando os efeitos do teor de cálcio no solo em vários fatores de qualidade em goiabas, também obtiveram este decréscimo da firmeza dos frutos ao longo do armazenamento. Azzolini et al. (2005) constataram que a firmeza da polpa pode ser considerada um índice de maturação adequado para goiabas 'Pedro Sato'.

Segundo Cavalini (2004), a diminuição da firmeza da polpa durante o amadurecimento do fruto ocorre, principalmente, devido à perda da integridade da parede celular. A degradação das moléculas poliméricas constituintes da parede celular, como celulose, hemicelulose e, principalmente, a pectina, resultam em perda de aderência entre as células e alterações na parede celular, que modificam a textura da polpa. Outros processos também podem contribuir com a perda de textura da polpa dos frutos, como a degradação do amido e a perda de turgor celular.

Nas goiabas armazenadas às temperaturas de 5 e 10 °C, houve pequena

variação da firmeza devido ao enrijecimento do tecido, que pode ser explicado segundo Chakraborty, Dutta e Chakraborty (2001), pelo aumento da atividade da fenilalanina amonialiase em resposta ao estresse térmico ao qual o fruto foi submetido, pois vem a ser considerada por muitos autores como “proteína do estresse”, relacionando-se com o desenvolvimento de mecanismos de proteção e adaptação de plantas a situações adversas.

Para exportação ou transporte para mercados mais distantes, a firmeza dos frutos é um dos atributos primordiais, pois lhes confere maior resistência ao

transporte e ao armazenamento, resultando em maior conservação pós-colheita e, conseqüentemente, em menores perdas (Choudhury et al., 2001).

De acordo com Kluge et al. (2002), a diminuição da firmeza ocorre devido às modificações durante o amadurecimento e conservação das frutas e o amaciamento dos tecidos é uma alteração marcante. Segundo Dússan-Sarria (2003), o fruto torna-se macio devido à ação de enzimas que atuam na hidrólise do amido, na transformação dos constituintes celulósicos, bem como na conversão da protopectina em pectina solúvel.

#### 5.4.7 Avaliação dos teores de pectina total, pectina solúvel e solubilidade

Os valores médios das análises de pectina total, pectina solúvel e solubilidade estão demonstrados nas Tabelas 10, 11 e 12, respectivamente.

Tabela 10 Valores médios, em  $g100^{-1}g$ , da análise de pectina total, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (□C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Pectina Total	5	448,81 aA	450,92 aA	9,21	22,82
	10	382,55 aA	477,87 bA		
	20	415,15 aA	339,75 aA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P<0,05$ ).

Tabela 11 Valores médios, em  $g100^{-1}g$ , da análise de pectina solúvel, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (□C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Pectina	5	111,49 aA	188,08 bA	8,87	10,75

<b>Solúvel</b>	10	236,20 aB	259,98 aB
	20	218,79 aB	245,15 aB

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

Tabela 12 Valores médios, em porcentagem, da análise de solubilidade, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

<b>Parâmetro</b>	<b>T</b> (°C)	<b>Goiaba</b>		<b>CV</b> (%)	<b>Erro</b> <b>Padrão</b>
		Controle*	Com Injúria*		
<b>Solubilidade</b>	5	25,24 aA	41,76 bA	9,73	2,79
	10	61,63 aC	54,41 aB		
	20	52,69 aB	61,89 bB		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

O teor de pectina total do início do armazenamento foi de 302,52 g100<sup>1</sup>g. Não houve diferença significativa entre as temperaturas analisadas e entre os tratamentos controle e com indução de injúria, porém houve diferença

significativa apenas na temperatura de 10 °C, apresentando as goiabas com

injúria mecânica um teor maior de pectina total. Mowlah e Itto (1983) encontraram um aumento de pectina total durante o armazenamento de goiabas. As goiabas armazenadas na câmara de refrigeração para a realização do pré-teste

tiveram uma diminuição no teor de pectina total, com valor inicial de 412,24 g100<sup>-1</sup>g e valor final de 311,95 g100<sup>-1</sup>g.

No nono dia de armazenamento, as goiabas apresentaram maiores conteúdos médios de pectinas solúveis comparado com o teor inicial de 70,75 g100<sup>-1</sup>g, o que supostamente denota menor estabilidade e resistência dos tecidos e, portanto, menor potencial de durabilidade (GRIGIO, 2011). No pré-teste, houve aumento no teor de pectina solúvel, com os valores variando de 130,88 a 203,26 g100<sup>-1</sup>g.

A porcentagem de solubilização avaliada no início do armazenamento foi de 23,45 e pode-se observar na Tabela 12 um aumento na solubilidade de todos os tratamentos, aumento encontrado também nas goiabas do experimento pré-teste, com valores de 31,76% no primeiro dia e 65,27% no último dia de armazenamento. A goiaba é rica em pectinas, que juntamente com a fração fibra, são responsáveis pela integridade da parede celular. Com o avanço do amadurecimento, ocorre a solubilização da pectina da parede celular e a diminuição da fração fibra (celulose e hemicelulose), tornando o fruto mais macio (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O aumento nos teores de pectina solúvel e porcentagem de solubilização, durante o amadurecimento de goiaba, também foi observado por Lima (2004), Carvalho et al. (2001) e Mowlah e Itto (1983).

#### **5.4.8 Avaliação dos teores de pectina metil esterase e poligalacturonase**

Os valores médios da análise de pectina metil esterase e poligalacturonase estão demonstrados nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 Valores médios, em unidade.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, da análise de pectina metil esterase (PME), em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (□C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
PME	5	40,00 bA	15,35 aA	26,72	4,25
	10	30,00 aA	20,00 aA		
	20	30,00 aA	30,00 aA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

Tabela 14 Valores médios, em unidade.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, da análise de poligalacturonase (PG), em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (□C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
PG	5	5,82 aA	26,50 bA	16,88	2,07
	10	27,99 aC	22,85 aA		
	20	16,38 aB	27,81 bA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

As alterações na parede celular são o efeito da ação de enzimas hidrolíticas como a poligalacturonase (PG) e pectinametilsterase (PME) (FISCHER; BENNETT, 1991).

A atividade da PME pode aumentar, diminuir ou permanecer constante durante a maturação, dependendo do tipo de fruto (AWAD, 1993). Além de sua função de desmetilação das pectinas, a PME pode também contribuir para o processo de amolecimento de certos frutos. No início do armazenamento, a

atividade da PME detectada nos frutos foi de 20,00 U.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, mantendo-se estáveis os teores de PME observados após 9 dias nos frutos. Houve diferença significativa entre o controle e as goiabas com indução de injúria mecânica

apenas na temperatura de 5 °C.

Diminuição na atividade da PME em polpa de goiaba Pedro Sato durante o período de armazenamento à temperatura ambiente foi observada por Lima (2004) e Linhares et al. (2007), estudando transformações enzimáticas em goiabas 'Pedro Sato'. Diferentemente, Carvalho et al. (2001), que estudando os componentes da parede celular de goiabas Kumagai, relataram que com a evolução da maturação, houve, em geral, aumento na atividade da PME, seguido por declínio até o fim do período experimental. Nas goiabas armazenadas para a realização do pré-teste, houve um aumento na atividade da PME de 10,00 U.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> para 13,33 U.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>.

A menor atividade enzimática da PME promove a manutenção do grau de esterificação, dificultando a desmetilação do polímero péctico. Consequentemente, reduz a ação subsequente da poligalacturonase, refletindo no controle da degradação das substâncias pécticas, por conseguinte, da solubilização de pectinas e da contenção do amaciamento da polpa da goiaba (VILA, 2007).

As células são mantidas unidas pela lamela média, constituída principalmente por substâncias pécticas, que fornecem a coesão necessária para manter a unidade estrutural do tecido. Com a evolução da maturação dos frutos, ocorre a liberação do cálcio e a solubilização do polímero péctico pela ação de enzimas específicas, como a PME, responsável pelo rompimento das ligações



metil-éster e a PG, que transforma os polímeros de ácido galacturônico em ácidos pécticos, solúveis em água (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A solubilização das pectinas contribui para o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução de força de coesão entre as células.

Segundo Manrique e Lajolo (2004), a PME aumenta a suscetibilidade das pectinas da parede celular à PG durante a maturação, pois ela desesterifica o polímero de ácido galacturônico, enquanto que a PG catalisa as ligações entre os resíduos desse ácido no interior das cadeias pécticas. O teor de PG no início do armazenamento foi de  $15,58 \text{ U.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , e teve um aumento em todos os

tratamentos, exceto no controle a  $5^{\circ}\text{C}$ , aumento encontrado também no pré-teste

realizado, com teor variando de  $25,28 \text{ U.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para  $46,86 \text{ U.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$  no último dia de armazenamento. Houve diferença significativa entre as temperaturas nos tratamentos controle e com indução de injúria mecânica nas

temperaturas de  $5$  e  $20^{\circ}\text{C}$ . Manrique e Lajolo (2004) revelam que a PG depende

da atividade da PME para despolimerização dos componentes pécticos da parede celular, tornando os frutos menos duros e mais suculentos. Lazan e Ali (1993) consideram baixa a atividade da poligalacturonase (PG) em frutos tropicais.

#### **5.4.9 Avaliação da taxa respiratória**

Valores médios da análise de taxa respiratória se encontram na Tabela 15 abaixo.

Tabela 15 Valores médios, em CO<sub>2</sub>/Kg/h, da análise de taxa respiratória, em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (°C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
Taxa Respiratória	5	0,00 aA	2,99 bB		
	10	0,00 aA	0,00 aA	9,56	0,62
	20	31,48 aB	33,56 bC		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

A taxa respiratória das goiabas no início do armazenamento foi de 27,25 CO<sub>2</sub>/Kg/h e verificou-se que os teores aumentaram nos tratamentos controle e com indução de injúria à temperatura de 20 °C, sendo este teor maior nas

goiabas injuriadas. Esses resultados reafirmam aqueles encontrados por Burton e Schulte-Pason (1987), que evidenciaram um aumento na evolução de CO<sub>2</sub> de cerejas submetidas a várias intensidades de impacto. Estes autores atribuíram esse incremento à descarboxilação do ácido málico, que teria extravasado das células danificadas no local de ocorrência das injúrias. Em goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato' têm-se observado aumento constante na produção de CO<sub>2</sub>, com climatério após o completo amadurecimento dos frutos, não se enquadrando em nenhuma das classificações atualmente utilizadas (AZZOLINI et al., 2005; CAVALINI, 2004).

Contrariamente a esse comportamento, as goiabas armazenadas à temperatura de 10 °C e o controle a 5 °C tiveram ausência de respiração no nono dia de armazenamento, o que possivelmente ocorreu devido o tempo de análise não ter sido suficiente para detectar o CO<sub>2</sub>. Os frutos injuriados, na temperatura de 5 °C, produziram uma quantidade baixa de CO<sub>2</sub> igual a 2,99 CO<sub>2</sub>/Kg/h no final do armazenamento, fato esperado, uma vez que a temperatura tem efeito significativo na taxa respiratória. No pré-teste, as goiabas tiveram uma diminuição na taxa respiratória, sendo observados valores de 26,12 CO<sub>2</sub>/Kg/h no primeiro dia e 9,04 CO<sub>2</sub>/Kg/h no último dia de armazenamento.

#### **5.4.10 Avaliação da coloração da casca**

A coloração da casca é um parâmetro fundamental para a escolha dos frutos pelos consumidores. Na Tabela 16 estão representados os valores médios da análise de coloração, nos parâmetros L\*, a\*, b\*, c\* e h, das goiabas controle e com indução de injúria.

Tabela 16 Valores médios da análise de coloração da casca em relação aos tratamentos e às temperaturas, e a interação entre os mesmos, durante nove dias de armazenamento

Parâmetro	T (°C)	Goiaba		CV (%)	Erro Padrão
		Controle*	Com Injúria*		
<b>L</b>	5	57,65 aA	55,84 aA	3,13	1,11
	10	58,19 aA	62,28 bB		
	20	68,03 aB	67,13 aC		
<b>A</b>	5	-3,33 bB	-5,77 aA	9,46	0,21
	10	-6,50 aA	-6,20 aA		
	20	8,49 bC	5,74 aB		
<b>B</b>	5	24,43 aA	22,62 aA	5,93	0,99
	10	25,62 aA	27,52 aB		
	20	37,76 aB	35,56 aC		
<b>c</b>	5	24,70 aA	23,36 aA	5,74	0,98
	10	26,44 aA	28,23 aB		
	20	38,72 aB	36,03 aC		
<b>h</b>	5	96,09 aB	104,36 bB	2,98	1,62
	10	104,26 aC	102,72 aB		
	20	77,26 aA	80,84 aA		

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Todos os parâmetros avaliados apresentaram diferenças estatísticas nos diferentes tratamentos. Os valores médios da coloração avaliada no início do armazenamento das goiabas do experimento foram  $L = 59,40$ ,  $a = -7,17$ ,  $b = 23,97$ ,  $c = 24,83$  e  $h = 105,47$ .

O parâmetro  $L^*$  (claridade) demonstra quão claro ou escuro é o fruto e seus índices variam de 0 (escuro) a 100 (claro). O valor de  $L^*$  foi menor no controle a 5 e 10 °C e no tratamento com injúria a 5 °C, apresentando uma

diminuição também no pré-teste (64,07 – 59,70), o que mostra uma maior suscetibilidade ao escurecimento. Os demais tratamentos apresentaram valores médios maiores durante o armazenamento, indicando coloração mais clara.

O parâmetro  $C^*$ , cromaticidade, expressa a intensidade da cor nos frutos. Apenas os frutos controle e com indução de injúria à temperatura de 5 °C

apresentaram menores incrementos com seus valores variando de 24,83 - 24,70 e 24,83 - 23,36 respectivamente (Tabela 16). Nos demais tratamentos, inclusive no pré-teste, que variou de 29,43 para 41,63, o índice  $C^*$  foi superior ao longo do tempo quando comparado ao início do armazenamento, indicando possivelmente que os menores índices implicaram na redução da intensidade da coloração refletindo na mudança mais lenta da cor verde para amarelo (SANTOS, 2012).

O ângulo de amadurecimento  $h$  (Hue) indica a mudança da coloração, assegurando diferenças de cor entre os frutos na maturidade fisiológica e os

maduros. Foram verificadas alterações nos valores desta variável ao longo do experimento, conforme demonstrado pela Tabela 16. Houve redução mais intensa do ângulo Hue para os frutos controle e com indução de injúria à

temperatura de 20 °C em virtude da sua maturação, indicando a mudança da cor

verde para o amarelo. A perda da cor verde é devido à quebra da estrutura da molécula de clorofila, envolvendo a atividade da enzima clorofilase. O aumento da atividade desta enzima está geralmente associada com a produção de etileno durante o amadurecimento (TUCKER, 1993). Outros autores, trabalhando com diferentes frutos, também observaram este comportamento (MUSKOVICS et al., 2006; BASSETTO et al., 2005; HERNÁNDEZ; MARTÍNEZ; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, 2007). Foi verificada uma redução do parâmetro h de 101,04 para 94,87 no período de armazenamento das goiabas com oscilação de temperatura realizado como pré-teste.

Azzolini et al. (2005), em seu trabalho para determinar índices de maturação adequados para avaliar a influência dos estádios de maturação nas transformações físico-químicas após a colheita de goiabas 'Pedro Sato,' relataram a diminuição do ângulo Hue na casca da goiaba em todos os estádios de maturação, durante o armazenamento, indicando a mudança de cor verde para amarela, sendo que a coloração totalmente amarela foi observada quando os frutos atingiram ângulo de cor menor que 100. Em goiabas brancas 'Kumagai', sob diferentes doses de irradiação, Frateschi (1999) verificou diminuição da quantidade de clorofila em todos os tratamentos.

As goiabas submetidas aos demais tratamentos apresentaram valores mais elevados do ângulo Hue o que reflete numa mudança mais lenta dos índices

de coloração. Cerqueira (2007) verificou que em goiabas 'Kumagai' revestidas com biofilmes de quitosana na concentração de 6% os valores do Hue passaram de 116,8° para 114,64°, mantendo-se verdes.

Os valores observados para os parâmetros *a* foram crescentes durante todo o período de armazenamento, resultado encontrado também no pré-teste realizado, com aumento de -5,54 para -3,40. O aumento nos valores destes parâmetros indica uma perda da coloração verde da casca, com o decorrer do amadurecimento dos frutos. Entretanto, para os frutos armazenados sob refrigeração a perda da coloração verde foi menos acentuada. Os valores obtidos para o parâmetro *b*, que corresponde ao aumento da coloração amarela, foram sempre positivos e crescentes durante todo o período de armazenamento, exceto

o valor *b* do tratamento com injúria a 5 °C. Houve aumento do parâmetro *b* no

pré-teste, variando de 28,85 no primeiro dia para 41,36 no nono dia de armazenamento. Os valores obtidos foram menos acentuados nas temperaturas de refrigeração, o que mostra que baixas temperaturas retardam o processo de maturidade dos frutos.

Entre as características físicas e químicas estudadas, a perda de massa, a variação da firmeza, teor de sólidos totais, vitamina C, taxa respiratória e coloração mostraram-se mais eficientes para avaliar as diferenças entre os tratamentos, enquanto as outras características (açúcares totais, pH, acidez titulável) foram menos sensíveis para o acompanhamento do armazenamento e das diferenças entre os tratamentos.

De acordo com as análises físicas e químicas realizadas, os defeitos internos e distúrbios fisiológicos da goiaba levam a alterações das suas

características, refletindo também nas propriedades térmicas do tecido avaliadas pelos termogramas adquiridos. Defeitos provenientes de doenças, danos mecânicos e distúrbios fisiológicos, manifestam-se com as mudanças das propriedades termodinâmicas do tecido infectado (BARANOWSKI; MAZUREK, 2009). As injúrias mecânicas por impacto tiveram pouco efeito nos parâmetros avaliados comparadas ao controle.

Os parâmetros avaliados pelas análises físicas e químicas confirmaram os resultados visualizados nas análises termográficas, como a presença de injúrias pelo frio e mecânica e características de perda de qualidade nas goiabas armazenadas a 5 e 20 °C.

Pode-se observar que o armazenamento refrigerado na temperatura ótima de armazenamento das goiabas (10 °C), com ou sem a indução de injúria,

é um fator importante para a manutenção da qualidade dos frutos. Isso demonstra que o armazenamento nas condições ideais para o fruto em questão favorece as características observadas pelos consumidores no momento da compra, permitindo que os frutos tenham um período de comercialização superior ao de frutas armazenadas à temperatura ambiente.



As goiabas armazenadas nas temperaturas de 5 e 20 °C perderam as características aceitáveis para o consumo. O pré-teste realizado, com as goiabas armazenadas na câmara sob oscilação de temperatura de 7 a 18 °C, apresentou um comportamento desfavorável no armazenamento das goiabas, as quais tiveram uma menor vida útil e qualidade.

## **6 CONCLUSÕES**

A termografia infravermelha mostrou ser um método eficiente para a monitoração e avaliação da qualidade pós-colheita de goiabas armazenadas sob diferentes temperaturas, visto que através dos termogramas pode-se verificar as diferentes temperaturas da goiaba na forma de gradientes de coloração. Além da avaliação da qualidade pós-colheita de goiabas, a termografia foi eficaz no monitoramento e validação da temperatura de armazenamento, sem contato com as goiabas.

Devido à termografia ser um método de medição superficial, não é possível a medição no fundo das cavidades nos poros das goiabas, porém as variações de temperatura entre a superfície dos tecidos intacto e injuriado podem ser quantificadas e essa diferença de temperatura é correlacionada às injúrias.

Através da termografia foi possível distinguir os tecidos injuriados dos não afetados nas temperaturas de 5 e 20 °C, no entanto não foi possível

distinguir injúrias profundas e rasas nas goiabas.

De acordo com as análises físicas e químicas realizadas, os defeitos internos e distúrbios fisiológicos da goiaba levam a alterações das suas características, refletindo também nas propriedades térmicas do tecido avaliadas pelos termogramas adquiridos.

As injúrias mecânicas por impacto tiveram pouco efeito nos parâmetros avaliados comparadas ao controle.

O armazenamento refrigerado a 10 °C foi importante para a manutenção

da qualidade das goiabas, enquanto que a 5 °C as goiabas sofreram injúria pelo

frio e a 20 °C perderam as características aceitáveis para o consumo.

Os parâmetros de qualidade avaliados pelas análises físicas e químicas confirmaram os resultados visualizados nas análises termográficas.

## REFERÊNCIAS

ABREU, J. R. et al. Sugar fractionation and pectin content during the ripening of guava cv. Pedro Sato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 156-162, 2012.

AFONSO, M. R. A. **Resfriamento a vácuo de alfaces hidropônicas (*Lactuca sativa* L.) cv. Salad Bowl: avaliação do processo e da vida pós-colheita**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2005.

AFONSO NETO, M. A. A pesquisa e a moderna fruticultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 125, p. 84, 1985.

ALMEIDA, R. F. et al. Injúria pelo frio em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 17-20, abr. 2005.

ALVES, A. P. F. **Extratos alcoólicos de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) no controle pós-colheita de antracnose em goiaba cv. Paluma**. 2010. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

ARORA, N. et al. Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer. **The American Journal of Surgery**, v. 196, n. 4, p. 523-526, Oct. 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official**

**methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** 17<sup>nd</sup>

ed. Washington, 2002. 1275 p.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos.** São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

AZZOLINI, M. et al. Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 3, p. 299-306, July/Sept. 2005.

BAIRD, C. D.; GAFFNEY, J. J.; TALBOT, M. T. Design criteria for efficient and cost effective forced-air cooling systems for fruits and vegetables. **ASHRAE Transactions**, Dallas, v. 94, p. 1434-1453, 1988.

BARANOWSKI, P.; MAZUREK, W. Detection of physiological disorders and mechanical defects in apples using thermography. **International Agrophysics**, Lublin, v. 23, p. 9-17, 2009.

BASSETTO, E. et al. Delay of ripening of 'Pedro Sato' guava with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 35, p. 303-308, 2005.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, p. 330-334, Oct. 1962.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, Dec. 2004.

BLEINROTH, E. W. Colheita e beneficiamento. In: GONCATTI NETO, A. et al. **Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: Embrapa, 1996. Cap. 2, p.12-23. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 20).

BORDIN, M. R. Embalagem para frutas e hortaliças. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp. Faculdade de Engenharia Agrícola, 1998. p. 19-27.

BORGUINI, R. G.; OETTERER, M.; SILVA, M. V. Qualidade nutricional de hortaliças orgânicas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 28-35, jan./jun. 2003.

BOYETTE, M. D.; ROHRBACH, R. P. A low-cost, portable, forced-air pallet cooling system. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 9, n. 1, p. 97-104, 1994.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; LUNARDI, R. Efeito do atraso no início do armazenamento e do tempo de pré-resfriamento sobre a qualidade da maçã 'Gala'. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 143-148, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília, 2005.1018 p.

BRON, I. U. et al. Temperature-related changes in respiration and Q10 coefficient of guava. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 458-463, Sept./Oct. 2005.

BROSNAN, T.; SUN, D. W. Precooling techniques and applications for horticultural products - a review. **International Journal of Refrigeration**, v. 24, p. 154-170, 2001.

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of wooliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 18-22, Jan./Feb. 1978.

BURTON, W. G. Continue development and changes in quality. In: \_\_\_\_\_. **Postharvest physiology of food crops**. New York: Longman, 1982. p. 147-180.

BURTON, C. L.; SCHULTE-PASON, N. L. Carbon dioxide as an indicator of fruit impact damage. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 2, p. 281-282, 1987.

CARMO, S. A. **Conservação pós-colheita de pimentão amarelo, Zarco hs"**. 2004. 127 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2004.

CARVALHO, H. A. et al. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 605-615, 2001.

CASTRO, L. R.; VIGNEAULT, C.; CORTEZ, L. A. Effect of container openings and airflow rate on energy required for forced-air cooling of horticultural produce. **Canadian Biosystem Engineering**, n. 21, p. 3.1-3.9, 2005.

CAVALINI, F. C. **Índices de maturação, ponto de colheita, e padrão respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Paluma'**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1999. p. 212.

CERQUEIRA, T. S. **Recobrimentos comestíveis em goiabas cv Kumagai**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

CHAKRABORTY, U.; DUTTA, S.; CHAKRABORTY, B. Drought induced biochemical changes in Young tea leaves. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 6, p. 103-106, 2001.

CHAVES, J. B.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 81 p.

CHEN, N. M.; PAULL, R. E. Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. **HortScience**, Alexandria, v. 114, n. 4, p. 639-643, 1986.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHOUDHURY, M. M. et al. **Goiaba: pós-colheita**. Brasília: Embrapa, 2001. 45 p. (Série Frutas do Brasil).

CORTEZ, L. A. B. et al. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 428 p.

COSTA, A. G. **Predição e identificação de danos internos em batatas por meio do biospeckle laser**. 2011. 82 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

COUEY, H. M. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin: an overview. **HortScience**, Alexandria, v. 17, n. 2, p. 158-162, 1982.

CUNHA, L. **Pós-colheita, marketing e comercialização na programação do ProMusa 2011**. Cruz das Almas, 2011. Disponível em:  
<[http://www.cnpmf.embrapa.br/ultimas\\_noticias/R22\\_Promusa\\_poscolheita.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/ultimas_noticias/R22_Promusa_poscolheita.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2014.

DAVIS, A. P.; LETTINGTON, A. H. Principles of thermal imaging. In: BURNAY, S. G.; WILLIAMS, T. L.; JONES, C. H. (Ed.). **Applications of thermal imaging**. Bristol: IOP, 1988. p. 1-34.

DENNIS, C. Effect of storage and distribution conditions on the quality of vegetables. **Acta Horticulturae**, v.163, p. 85-104, 1984.

DEUTSCH, J. Dehydroascorbic acid: review. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 881, n. 1/2, p. 299-307, June 2000.

DHINGRA, M. K.; GUPTA, O. P.; CHUNDAWAT, B. S. Studies on pectin yield and quality of some guava cultivars in relation to cropping season and fruit maturity. **Journal of Food Science and Technology**, v. 20, n. 1/2, p. 10-13, 1983.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. (Ed.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-512.

DU, C. J.; SUN, D. W. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluations. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, p. 230-249, 2004.

DÚSSAN-SARRIA, S. D. **Resfriamento rápido e armazenamento refrigerado do figo (*Ficus carica* L.) “roxo de valinhos” e seus efeitos na qualidade da fruta**. 2003. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2003.

EDEGOU, I.; FEDDES, J.; LEONARD, J. Comparison between vertical and horizontal air flow for fruit and vegetable precooling. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 39, n. 2, p. 107-112, 1997.

FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas *in natura* (*Psidium guajava* L.) mantidas sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 203-211, 2003.



FERGUSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 255-262, 1999.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FERREIRA NETO, J. et al. Avaliação das Câmaras frias usadas para o armazenamento de frutas e hortaliças no entreposto terminal de São Paulo (CEAGESP). **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 832-839, 2006.

FISCHER, R. L.; BENNETT, A. B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 675-703, June 1991.

FITO, P. J. et al. Control of citrus surface drying by image analysis of infrared thermography. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 287-290, 2004.

FRATESCHI, P. W. B. **Radiação gama com <sup>60</sup>cobalto na conservação pós-colheita de goiaba branca**. 1999. 141 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia, Goiânia, 1999.

FRY, S. C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 37, p. 165-186, 1986.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, C.; MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 66-70, jan. 2003. Suplemento.

GAFFNEY, J. J.; BAIRD, C. D. Factors affecting the costs of forced air cooling of fruits and vegetables. **ASHRAE Journal**, v. 33, p. 40-49, 1991.

GAN-MOR, S. et al. Adapted thermal imaging for the development of postharvest precision steam-disinfection technology for carrots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 59, p. 265-271, 2011.

GAVA, A. J. **Princípios da tecnologia de alimentos**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1984.

GAYET, J. P.; CORTEZ, L. A. B.; MORETTI, C. L. O marketing do frio para frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 60-70.

GERHARDT, L. B. A. et al. Características físico-químicas dos frutos de quatro cultivares e três clones de goiabeira em Porto Lucena, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 32, n. 2, p. 185-192, 1997.

GIANONNI, J. A. **Efeito da radiação gama e do cálcio na conservação póscolheita da goiaba branca armazenada sob refrigeração**. 2000. 181 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2000.

GIORLEO, G.; MEOLA, C. Comparison between pulsed and modulated thermography in glasseepoxy laminates. **NDT & E International**, v. 35, n. 5, p. 287-292, 2002.

GONGATTI NETTO, A. et al. **Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e póscolheita**. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 35 p. (Publicações Técnicas Frupep, 20).

GONZAGA NETO, L.; CRISTO, A. S.; CHOUDHURY, M. M. Conservação pós-colheita de frutos de goiabeira, cultivar Paluma. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 1-6, 1999.

GOUVEIA, J. P. G. et al. Determinação de características físico-químicas da goiaba: goiabeiras adubadas no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 35-38, 2004.

GOWEN, A. A. et al. Applications of thermal imaging in food quality and safety assessment. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 4, p. 190-200, 2010.

GRIGIO, M. L. et al. Efeito da modificação atmosférica em goiabas var. Paluma na redução de danos mecânicos em pós-colheita. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 57-65, jan./abr. 2011.

GUEMES, D. R.; PIROVANI, M. E.; PENTIMA, J. H. Heat transfer characteristics during air precooling of strawberries. **Revue du Froid**, v. 12, p. 169-173, 1989.

HARKER, F. R. et al. Maturity and regional influences on watercore development and its postharvest disappearance in 'Fuji' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124, p. 166-172, 1999.

HELLEBRAND, H. et al. **Horticultural products evaluated by thermography**. Warwick: AgEng., 2000.

HERNÁNDEZ, M. S.; MARTÍNEZ, M. S.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P. Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v.111, p. 220-227, 2007.

HOBSON, G. E. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. **Journal HortScience**, Alexandria, v. 62, p. 55-61, 1987.

HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 60-70.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1966.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola Municipal** 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**: manual técnico. Campinas, 1988. 200 p.

IRTWANGE, S. V. Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruit and vegetables. **Agricultural Engineering International**, v. 4, n. 8, p. 1-13, 2006.

JACOBI, K. K.; MACRAE, E. A.; HETHERINGTON, S. E. Effects of hot air conditioning of 'Kensington' mango fruit on the response to hot water treatment. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, p. 39-49, 2000.

JACOMINO, A. P. et al. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 401-405, 2003.

JACOMINO, A. P. et al. Transformações bioquímicas em produtos hortícolas após a colheita. In: KOBLITZ, M. G. **Bioquímica de alimentos**: teoria e aplicações práticas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. Cap. 6, p. 154-189.

JAVANMARDI, J.; KUBOTA, C. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 41, p. 151–155, 2006.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Oakland: Cooperative Extension of University of California. Division of Agriculture and Natural Resources, 2002. 535 p. (Publication, 3311).

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991. 532 p.

KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002. 214 p.

KONNO, H.; YAMASAKI, Y.; KATOH, K. Exopolygalacturonase from suspension cultures of *Marchantia polymorpha*. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 73, n. 2, p. 216-222, Oct. 1983.

LAZAN, H.; ALI, Z. M. Cell wall hydrolases and their potential in the manipulation of ripening of tropical fruits. **Asean Food Journal**, Kuala Lumpur, v. 8, n. 2, p. 47-53, Aug. 1993.

LEAL, P. A. M.; CORTEZ, L. A. B. Métodos de pré-resfriamento de frutas e hortaliças. In: UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. **II Curso de atualização em tecnologia de resfriamento de frutas e hortaliças**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, 1998. p. 81-91.

LEEMANS, V.; MAGIN, H.; DESTAIN, M. F. On-line fruit grading according to their external quality using machine vision. **Biosystems Engineering**, v. 83, p. 397-404, 2002.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing Vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 207-220, Nov. 2000.

LEITE, K. M. S. C. et al. Partial purification, heat stability and kinetic characterization of the pectinmethylesterase from Brazilian guava, Paluma cultivars. **Food Chemistry**, v. 94, p. 565-572, 2006.

LIMA, A. V. **Qualidade pós-colheita da goiaba Pedro Sato tratada com cloreto de cálcio e 1-MCP em condições ambiente**. 2004. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

LIMA, E. A. **Produtividade e qualidade de frutos da goiabeira “Paluma” em função da adubação mineral**. 2005. 58 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

LIMA, M. A. C.; ASSIS, J. S.; GONZAGA NETO, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 273-276, 2002.

LIMA, M. A. **Conservação pós-colheita de goiaba pelo uso de reguladores de crescimento vegetal, cálcio e da associação destes com refrigeração e embalagens plásticas**. 2003. 114 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2003.

LIMA, M. A.; DURIGAN, J. F. Reguladores vegetais na conservação pós-colheita de goiabas 'Paluma'. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 2, p. 370-375, ago. 2002.

LINHARES, L. A. et al. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas “Pedro Sato” tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 829-841, 2007.

LOPES, L. C. **Anotações de fisiologia pós-colheita de produtos hortícolas**. Viçosa, MG: UFV, 1980. 104 p.

LUENGO, R. F. A. et al. Avaliação da compressão em hortaliças e frutas e seu emprego na determinação do limite físico da altura da embalagem de comercialização. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 704-707, 2003.

MACEDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análise físico-químicas e microbiológicas águas e águas**. Juiz de Fora, 2001. p. 01-52.

MANICA, I. et al. **Fruticultura tropical: goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 373 p.

MANRIQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 11-26, 2004.

MARKHART III, A. H. Chilling injury: a review of possible causes. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 6, p. 1329-1333, 1986.

MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K. LENKEY, B. Pestolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v. 40, n. 3, p. 769-774, 1975.

MATSUURA, F. C. A. Avaliações físico-química em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia Punicifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 602-606, maio/jun. 2001.

MATTIUZ, B.; BISCEGLI, C. I.; DURIGAN, J. F. Aplicação da tomografia de ressonância magnética nuclear como método não-destrutivo para avaliar os efeitos de injúrias mecânicas em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 641-643, 2002.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectin materials in fruit. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MENDONÇA, R. D. et al. Características físicas e químicas de goiabas 'cortibel 1' e 'cortibel 4' armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 685-692, 2007.

MEOLA, C.; CARLOMAGNO, G. M. Recent advances in the use of infrared thermography. **Measurement Science and Technology**, v. 15, n. 9, p. 27-58, 2004.

MERCADO- SILVA, E.; BAUTISTA, P. B.; GARCIA-VELASCO, M. A. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.13, n. 2, p. 143-150, 1998.

MITCHELL, F. G. Cooling of horticultural commodities. In: KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis: University of California. Division of Agriculture and Natural Resources, 2002. n. 3311, 295 p.

MOHSEIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon & Breach Science, 1986.

MORAES, C. Frutas na mesa: goiaba delícia nacional. **Frutas e Derivados**, v. 2, n. 7, set. 2007. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/revista/revista.asp>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

MORETTI, C. L. **A injúria mecânica de impacto e seus efeitos sobre a fisiologia e a conservação pós-colheita de tomates**. 1998. 134 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

MORRIS, L. L. Chilling injury of horticultural crops: na overview. **HortScience**, Alexandria, v.17, n. 2, p. 161-168, 1982.



MOWLAH, G.; ITOO, S. Changes in pectic components, ascorbic acid, pectic enzymes and cellulase activity in ripening and stored guava (*Psidium guajava* L.). **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tóquio, v. 30, n. 8, p. 454-461, 1983.

MUSKOVICS, G. et al. Changes in physical properties during fruit ripening of Hungarian sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 40, n. 1, p. 56-63, Apr. 2006.

GONZAGA NETO, L. G.; CRISTO, A. S.; CHOUDHURY, M. M. Conservação pós-colheita de frutos de goiabeira, variedade paluma. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 1-6, 1999.

NEVES, L. C. et al. Qualidade pós-colheita de mangas, não refrigeradas, e submetidas ao controle da ação do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 94-100, 2009.

OLIVEIRA, M. A.; CEREDA, M. P. Efeito da película de mandioca na conservação de goiabas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, p. 97-102, 1999.

ORDÓÑEZ, J. A. P. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1, 294 p.

OSHIRO, A. M. et al. Caracterização química de goiabas 'Pedro Sato' na região de Santa Terezinha, Itaporã, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Tropical de Horticultura, 2008. 1 CD ROM.

PHAKAWATMONGKOL, W.; KETSA, S.; DOORN, W. van. Variation in fruit chilling injury among mango cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 115-118, 2004.

PEREIRA, F. M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal: Funep, 1995. 47 p.

PEREIRA, T. et al. Características físicas e químicas de goiaba cv. Cortibel (*Psidium guajava* L.) estocadas sob refrigeração em filmes X-tends. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2005.

PINTO, L. C. B. **Qualidade e conservação de pêssegos com utilização de 1-MCP e resfriamento rápido**. 2005. 55 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2005.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; SILVA, J. A. A. Liming and quality of guava fruit cultivated in Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 106, p. 91-102, 2005.

RADI, M.; MAHROUZ, M.; JAOUAD, A. Phenolic composition, browning susceptibility, and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 6, p. 1087-1091, 1997.

RAHKONEN, J.; JOKELA, H. Infrared radiometry for measuring plant leaf temperature during thermal weed control treatment. **Biosystems Engineering**, v. 86, n. 3, p. 257-266, 2003.

REIS, K. C. R. et al. Avaliação físico-química de goiabas desidratadas osmoticamente em diferentes soluções. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 781-785, maio/jun. 2007.

REYES, F. G.; MARIN, M. S.; BOLANÕS, M. A. de. Determinação de pectina na goiaba (*Psidium guajava* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 7, n. 3, p. 313-315, 1976.

RIBEIRO, V. G. et al. Armazenamento de goiabas “Paluma” sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem experimento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 203-206, 2005.

ROOS Y. H. Thermal analysis, state transitions and food quality. **Journal Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 71, p. 197-203, 2003.

ROSA, M. C.; FARIA, O.; AMANTE, E. R. O padrão respiratório na estocagem de produtos vegetais – uma revisão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n. 2, p. 207-214, jul./dez. 1999.

SANCHES, J.; DURIGAN, J. F.; DURIGAN, M. F. B. Aplicação de danos mecânicos em abacates e efeitos na qualidade dos frutos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 164-175, 2008.

SANINO, A. **Conservação de tomate (*Lycopersicon esculentum*), “Débora”, submetido a diferentes condições de resfriamento e aquecimento intermitente**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade de Campinas, Campinas, 2004.

SANTOS, M. C. **Efeitos dos subprodutos da aroeira e do biofilme a base de quitosana na pós-colheita e controle da antracnose em goiabas ‘paluma’**. 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas)- Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2012.

SHARAF, A.; EL-SAADANY, S. S. Biochemical studies on guava fruits during different maturity stages. **Annals of Agricultural Science**, Moshtohor, v. 24, n. 2, p. 975-84, 1986.

SIGRIST, J. M. M. Transpiração. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais: manual técnico**. Campinas, 1988. Cap.3, p. 29-33.

SINGH, S. P.; PAL, R. K. Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 296–306, 2008.

SIQUEIRA, A. M. A et al. Parâmetros do resfriamento rápido por ar forçado de goiaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 21.; SEMINÁRIO LATINO AMERICANO E DO CARIBE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, SBCTA, 2008.

SIQUEIRA, A. P. O. **Uso de coberturas comestíveis na conservação pós-colheita de goiaba e maracujá-azedo**. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2012.

SOARES, F. D. et al. Volatile and non-volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. **Food Chemistry**, v. 100, p. 15-21, 2007.

STEFFENS, C. A.; et al. Tolerância ao dano pelo frio e qualidade pós-colheita em goiabas 'Pedro Sato' submetidas ao condicionamento térmico. **Biotemas**, v. 21, n. 3, p. 75-80, set. 2008.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SULLIVAN, G. H.; DAVENPORT, L. R.; JULIAN, J. W. **Progress in new crops: precooling: key factor for assuring quality in new fresh market vegetable crops**. Arlington: ASHS, 1996. p. 521-524.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAOUKIS, P. S.; RICHARDSON, M. Principles of intermediate-moisture foods and related technology. In: BARBOSA-CANOVAS, G. V. et al. (Ed.). **Water activity in foods: fundamentals and applications**. Ames: Blackwell, 2007.

TERUEL, B. J. M. Tecnologias de resfriamento de frutas e hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 199-220, 2008.

TOMÁS, S. A. et al. Effects of mesquite gum-candelilla wax based edible coatings on the quality of guava fruit (*Psidium guajava* L.). **Journal de Physique IV**, v. 125, n. 1, p. 889-892, June 2005.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p. 247-253, 2001.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. Cap.1, p. 2-51.

TURK, R.; CELIK, E. The effects of vacuum precooling on the half cooling period and quality characteristic of iceberg lettuce. **Acta Horticulturae**, v. 43, p. 321-324, 1993.

VADIVAMBAL, R. et al. **Temperature distribution studies in microwave-heated grains using a thermal camera**. North Dakota: ASABE, 2007. (ASABE Annual Meeting. Paper, RRV- 07100).

VARITH, J. et al. Noncontact bruise detection in apple by thermal imaging. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 4, p. 211–218, Jan. 2003. Disponível em: <<http://read.pudn.com/downloads97/doc/395646/Non-contact.bruise.detectioninapplesbythermalimaging/Non-contact.bruise.detectioninapplesbythermalimaging.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

VERAVERBEKE, E. A. et al. Thermographic surface quality evaluation of apple. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 162-168, 2006.

VEREYCKEN, R. **Thermografische evaluatie van blutsschade bij tomaten (Thermographic evaluation of bruise damage on tomato)**. 2002. MSc (Thesis Biological Sciences) - Katholieke Universiteit. Leuven Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, Leuven, 2002.

VILA, M. T. R. et al. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, 2007.

VILAS BOAS, E. V. de B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana 'Prata' g-irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 599-607, 1996.

VILAS BOAS, E. V. B.; REIS, C. M. F.; MELO, A. A. M. Uso de misturas químicas para a manutenção da firmeza de banana "Prata" minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 237-244, jan./fev. 2009.

WALCZAK, R. T.; BARANOWSKI, P.; MAZUREK, W. Application of thermography in agrophysics. In: COURSE FOR YOUNG RESEARCH WORKERS 'PHYSICO-CHEMICAL AND PHYSICAL METHODS OF STUDIES OF SOIL AND PLANT MATERIALS: theory and practice, 2003, Lublin. **Proceeding...** Lublin, 2003.

WANG, C. Y. **Chilling injury of horticultural crops**. Boca Ratón: CRC, 1990. 302 p.

WEI, J. et al. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 56, p. 147-154, 2010.

WHITAKER, B. D. Lipid changes in mature-green tomatoes during ripening, during chilling, and after rewarming subsequent to chilling. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, n. 5, p. 994-999, 1994.

WILLS, R. et al. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. Tradução de J. B. Gonzáles. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1998. 240 p.

WOOLF A. B.; FERGUSON, I. B. Postharvest responses to high fruit temperatures in the field. **Postharvest Biology Technology**, v. 21, p. 7-20, 2000.

XING, J.; JANCOS, P.; DE BAERDEMAEKER, J. Stem-end/calyx identification on apples using contour analysis in multispectral images. **Biosystems Engineering**, v. 96, p. 231-237, 2007.

XISTO, A. L. R. P. et al. Textura de goiabas “Pedro Sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 113-118, 2004.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 27-31, 1999.